



TESIS DOCTORAL

**APLICACIONES DIDÁCTICAS DE TÉCNICAS COLABORATIVAS
Y HEURÍSTICAS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA**

LUIS MANUEL TOBAJA MÁRQUEZ

**R007 - PROGRAMA DE DOCTORADO EN MODELIZACIÓN Y
EXPERIMENTACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA POR LA
UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA**

2020

Conformidad de la directora de Tesis

(La conformidad del director de la tesis consta en el original
en papel de esta Tesis Doctoral)

Fdo: Julia Gil Llinás

Agradecimientos:

Durante la realización de esta tesis he descubierto un mundo nuevo en la física. Un mundo ajeno a todo aquello que aprendí durante la carrera: la enseñanza de la física. Un mundo que me ha mostrado de primera mano Julia. Sin su entusiasmo y su dedicación hacia la física no solo no hubiese sido posible la realización de esta tesis, tampoco hubiese aprendido tanto del ámbito de la física más cercano a mi profesión como profesor. Julia no solo ha sido la mejor directora que hubiese podido tener, es, sobre todo, una magnífica persona llena de energía, visión de futuro y preocupación por su centro y cada una de las personas que lo componen. Solo ella podía conseguir que esta tesis no se quedase en papel mojado.

Junto a ella, cuando dirigí mis pasos al Centro Universitario de Mérida hace casi una década, se encontraba Paco, al que también debo este trabajo. Agradezco la calurosa acogida que me dispensó, junto a Julia, y lo mucho que me ha enseñado de este oficio.

En el ámbito de la Universidad de Extremadura, el grupo de Investigación Orión me ha acogido con las manos abiertas, no puedo más que agradecer todo su apoyo y cariño.

Por último, mi centro de trabajo, el Colegio Salesiano M^a Auxiliadora de Mérida ha sido parte de mi “laboratorio”, además de ser el lugar donde más he aprendido en mi vida, también es responsable de que esta tesis haya podido ver la luz.

A Inma, que me ha animado siempre a continuar con este sueño.

A Sara y Luis, que son mi estímulo para seguir luchando.

A Luis y Herminia, que me han hecho como soy.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
Introducción	1
I. Parte Teórica.....	4
Capítulo 1: Aprendizaje significativo.....	5
1.1. Aprendizaje significativo.....	5
1.2. Preconcepciones.....	7
1.3. Función del profesor	9
1.4. Características del Aprendizaje Significativo.....	11
1.5. Aprendizaje significativo y memoria.....	13
Capítulo 2: Aprendizaje colaborativo.....	15
2.1. Técnica jigsaw	23
Capítulo 3: Mapas conceptuales.....	26
3.1. Elaboración de mapas conceptuales.....	27
3.2. Aplicaciones de los mapas conceptuales	30
3.3. Elaboración colaborativa de mapas conceptuales.....	32
3.4. Evaluación con mapas conceptuales	33
Capítulo 4: V de Gowin.....	36
4.1. Resolución de problemas.....	39
II. Parte experimental	42
Capítulo 5: Jigsaw para la elaboración de mapas conceptuales.....	42
5.1. Método.....	43
5.3. Conclusiones.....	55
Capítulo 6: Jigsaw en el laboratorio de física	58

6.1. Método.....	60
6.2. Resultados	62
6.3. Conclusiones.....	64
Capítulo 7: Resolución de problemas usando la V de Gowin	66
7.1. Plantilla de resolución de problemas basada en la V de Gowin	67
7.2. Método.....	70
7.3. Resultados.....	73
7.4. Conclusiones.....	79
Capítulo 8: Jigsaw en la resolución de problemas	80
8.1. Método.....	81
8.2. Resultados.....	82
8.3. Conclusiones.....	86
Capítulo 9: Evaluar con mapas conceptuales.....	88
9.1. Método.....	89
9.2. Propuesta de valoración cuantitativa de mapas conceptuales	92
9.3. Resultados.....	96
9.4. Sobre la prueba piloto	100
9.5. Sobre la experiencia realizada	104
9.6. Conclusiones.....	108
III. Conclusiones	110
Bibliografía	113
Anexo 1: V DE GOWIN CORRESPONDIENTE A ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	131
Anexo 2: CUESTIONARIO SOBRE EXPERIENCIA DE JIGSAW Y ELABORACIÓN DE MAPAS CONCEPTUALES	132
Anexo 3: CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	136

Anexo 4: PVG COMPLETADA POR UN ALUMNO	141
Anexo 5: CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DEL TEMA DE INTERACCIÓN ELÉCTRICA.....	143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelos mentales y tipos de aprendizaje	12
Figura 2. Mapa conceptual que describe la técnica jigsaw	25
Figura 3. Mapa conceptual sobre los mapas conceptuales	26
Figura 4. V de Gowin	37
Figura 5. Organización de los grupos jigsaw y de expertos de la experiencia	45
Figura 6 a. Mapa conceptual del grupo de expertos 1	47
Figura 6 b. Mapa conceptual del grupo de expertos 2	48
Figura 6 c. Mapa conceptual del grupo de expertos 3	49
Figura 7. Mapas conceptuales de los grupos jigsaw	50-52
Figura 8. Resultados medios de los grupos jigsaw	53
Figura 9. Diagrama V de Gowin simplificado	67
Figura 10. Plantilla basada en la V de Gowin	68
Figura 11. Diagrama de cajas para la puntuación de los pre-problemas	76
Figura 12. Diagrama de cajas para la puntuación de los pos-problemas	76
Figura 13. Evolución de la valoración de los problemas	77
Figura 14. Diagrama de cajas de los valores del pretest	84
Figura 15. Mapa conceptual sin ordenación jerárquica	93
Figura 16. Mapa conceptual de un alumno con pocos niveles jerárquicos y muy buenas relaciones entre conceptos	94

Figura 17. Mapa conceptual con 7 niveles jerárquicos	97
Figura 18. Mapa conceptual con 4 niveles jerárquicos	98
Figura 19. Mapa que expresa el concepto de campo como consecuencia de una fuerza	102
Figura 20. Mapa de un alumno que no considera el concepto de campo como el más inclusivo del tema	103
Figura 21. Diagrama de cajas de la distribución de las tres variables	106
Figura 22. Comparativa para cada alumno del resultado de las evaluaciones cuantitativa y tradicional para los mapas conceptuales	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ganancias	54
Tabla 2. Resultados pretest	63
Tabla 3. Resultados posttest	64
Tabla 4. Valores obtenidos en el pretest, posttest, pre-problemas y post-problemas.	74
Tabla 5. Pruebas de normalidad	75
Tabla 6. Tabla de puntuación en problemas y ganancias	78
Tabla 7. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	83
Tabla 8. Valores medios en la prueba de posttest y valores de la prueba de igualdad de medias	84
Tabla 9. Valores medios en la prueba de posttest y valores de la prueba U de Mann-Whitney	85
Tabla 10. Puntuación de los mapas conceptuales de las figuras 16 y 17	96
Tabla 11. Resultados obtenidos por cada alumno en los tres tipos de evaluación para el tema de Interacción Electrostática	99
Tabla 12. Resultados de la prueba de normalidad	100
Tabla 13. Resumen de los estadísticos descriptivos para las tres variables	105
Tabla 14. Comparación de datos para el tema Interacción Electrostática	106
Tabla 15. Correlaciones entre los tipos de evaluación.	108

Introducción

Es indudable el alto desarrollo alcanzado por muchas disciplinas científicas en el siglo XX. La física, la biología, la química, la geología o la cosmología no solo han multiplicado su acervo de saberes exponencialmente, sino que también han encontrado nuevos paradigmas que les han abierto regiones inexploradas del saber. Parejo a este desarrollo de la ciencia ha sido el de la técnica. Este hecho incontrovertido, con frecuencia, oculta un cambio semejante en la Educación. En el siglo XX y lo que llevamos recorrido de este siglo XXI, han aparecido, de manos de ciencias como la sociología, la pedagogía o la psicología, nuevos paradigmas que han revolucionado la educación desde infantil hasta la etapa universitaria (Ausubel, 1963; Novak 1977; Ausubel, Noval y Hanesian, 1983; Reigeluth y Stein, 1983; Johnson y Johnson, 1999).

No obstante, el desarrollo de estas nuevas teorías aplicables al proceso de enseñanza-aprendizaje encuentra resistencias para aplicarse en las aulas. La primera causa puede encontrarse en una escasa formación en estas teorías y sus técnicas asociadas por el profesorado, especialmente en la enseñanza secundaria y universitaria, que no se trataban con profundidad en el antiguo CAP y que hasta la aparición del máster en secundaria no había sido formado específicamente en didáctica (Orden EDU/3498/201 publicada en el BOE 310 del 26 de diciembre de 2011). Además, los programas de formación continua del profesorado tratan con poca frecuencia temas de didáctica general. No ayuda tampoco, en ningún caso, el baile perpetuo de legislación que obliga al sistema educativo a adaptarse a las nuevas leyes de modo en ocasiones estéril debido a la corta duración de algunas de las normativas en vigor. Por último señalar el “ruido” que generan las técnicas o tendencias educativas que sucesivamente van poniéndose de moda y que no siempre están suficientemente contrastadas ni evaluadas.

En este ambiente general de provisionalidad y cambio permanente, se hace necesaria la introducción en las aulas de técnicas eficaces y contrastadas que ayuden a los alumnos a conseguir los objetivos educativos marcados por las leyes y por una sociedad cada vez más exigente. Y, con respecto al profesorado, tener suficiente confianza en las herramientas pedagógicas que dispone y en su eficacia.

En todo caso, no hay duda de que la sociedad está en continuo cambio e innovación y, en consecuencia, la actividad docente debe mantenerse en actitud similar, mejorando la técnica de enseñanza, siempre ligada al proceso de aprendizaje. Estos cambios requieren

innovaciones en la educación escolar y universitaria, innovaciones centradas en la naturaleza y poder del aprendizaje significativo. Nacido en la segunda mitad del siglo pasado, el modelo cognitivo/constructivista supone un paradigma educativo que se ha mostrado eficaz y adecuado para liberar el potencial creativo de los alumnos (Chrobak y Prieto, 2010). Se ha mostrado útil para facilitar un aprendizaje significativo en contraposición con el memorístico, y de ese modo con poder para habilitar a los alumnos para encargarse de su futuro de una forma creativa y constructiva.

Según este modelo, el profesor debe asumir un papel diferente al clásico de “conferenciante” asumido por la enseñanza tradicional (preámbulo del Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre). El profesor en esta teoría es básicamente un facilitador o guía para que el propio alumno, a partir de sus conocimientos previos, logre construir conocimientos nuevos con la ayuda de las estrategias didácticas y materiales que aquel pueda presentarle.

Con este panorama general, se plantea como objetivo principal de este trabajo la mejora del aprendizaje en la enseñanza de la física en los niveles de bachillerato y universidad empleando técnicas colaborativas y heurísticas dentro del marco de la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983; Novak y Gowin, 1988).

El presente trabajo se encuentra dividido en tres secciones. En la primera se exponen los principios teóricos que sustentan el estudio realizado y se centran en los principios del aprendizaje significativo (capítulo 1) de Ausubel y del aprendizaje colaborativo (capítulo 2), incidiendo especialmente en la técnica colaborativa jigsaw de Aronson (Aronson y Patnoe, 1997). Posteriormente se describen dos técnicas de trabajo heurístico: los mapas conceptuales (capítulo 3) y la V epistemológica o V de Gowin (capítulo 4).

En la segunda sección se exponen los procedimientos y se analizan los resultados obtenidos de diferentes aplicaciones de estas herramientas a la enseñanza de la física en diferentes situaciones educativas reales. En el capítulo 5, se presenta un estudio realizado combinando la técnica colaborativa de jigsaw en la elaboración de mapas conceptuales. En el capítulo 6 se aplica la técnica de jigsaw durante el desarrollo de las prácticas de laboratorio. Los dos siguientes capítulos se dedican a técnicas para la mejora de la resolución de problemas en el aula. En el capítulo 7, empleando la V de Gowin y en el capítulo 8, de nuevo, con la técnica de jigsaw. El último capítulo de esta segunda sección

se propone y valida un método de evaluación objetiva y cuantitativa a partir de mapas conceptuales.

La tercera sección del trabajo presenta las conclusiones del estudio realizado y la bibliografía que se ha utilizado en la realización del mismo.

Esta memoria finaliza con la presentación de cinco anexos. En el primero se muestra una V de Gowin correspondiente a este trabajo, en el cuarto un ejemplo de plantilla basada en la V de Gowin realizada por un alumno y en el resto aparecen los cuestionarios que los alumnos han realizado en las experiencias que se presentarán.

I. Parte Teórica

“La educación está de moda”, o al menos lo está escribir sobre ella. Es sencillo encontrarse con artículos en prensa que promulgan cómo debe ser la educación actual, o cómo será la educación del futuro, o más frecuentemente, cómo no debe ser la educación de hoy. Al margen de las “nuevas pedagogías” que cíclicamente aparecen para “renovar” el ámbito educativo y que suponen un considerable coste en energías y económico para la comunidad educativa, es innegable que existe una legítima preocupación por alcanzar una educación que sepa responder a los retos, actuales y futuros, del mundo socio-educativo-laboral.

Dentro de este convulso panorama, el ámbito de la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria y superior es especialmente preocupante. Las evaluaciones externas, como las pruebas PISA, que se realizan sobre el sistema educativo español muestran que los niveles competenciales en nuestro país están por debajo de la media de los países con un nivel económico similar al nuestro. A ello hay que unir la preocupante falta de vocaciones científicas y la pobre preparación científica con la que una parte significativa de los alumnos terminan los estudios secundarios. Ante estos problemas, la comunidad científica ha propuesto un amplio abanico de propuestas en el último medio siglo, con el objetivo de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

Si bien es difícil conseguir un acuerdo sobre los objetivos que debe cumplir la educación en ciencias, sí es relativamente sencillo concertar que cualquier enseñanza de calidad en ciencias debe basarse en el aprendizaje significativo. Así, en el ámbito de la enseñanza de la física se ha realizado una labor intensa para procurar el aprendizaje significativo de esta disciplina. Proponiéndose múltiples iniciativas como el aprendizaje basado en investigación orientada (Furió, y Guisasola, 2001), el aprendizaje activo (Benegas, 2007; Barbosa, 2007), la enseñanza de la física con una estructura problematizada (Becerra Labra y Grass-Mart, 2010), o la basada en la historia de la física (Tobaja y Gil, 2018) entre otras.

En esta primera parte se mostrarán los principios del aprendizaje significativo y técnicas para conseguirlo como el aprendizaje colaborativo, el uso de mapas conceptuales y de la V heurística de Gowin.

Capítulo 1: Aprendizaje significativo

El hombre, cada hombre, debe enfrentarse al mundo con las herramientas que dispone desde que nace hasta que muere. Un mundo que, además, se encuentra en continuo cambio. Es por ello, que debe hacer el esfuerzo de comprender dicho mundo y adaptarse a él de modo que pueda tener éxito en sus objetivos vitales. En esta tarea es fundamental la capacidad de aprendizaje de cada individuo, capacidad innata que es conveniente afinar y optimizar durante toda la vida, aunque especialmente en la etapa de formación académica de la persona.

En la sociedad occidental, la misión de dotar a sus ciudadanos de las herramientas necesarias para aprender a aprender recae en gran medida, y cada vez más, en los centros educativos en todas sus etapas. En base a esto, surge una pregunta fundamental ¿Cómo se aprende? Y junto a esta otras de similar calibre ¿Por qué se olvida lo aprendido? ¿Se puede mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje? ¿Hay límites a la capacidad de aprender?

1.1. Aprendizaje significativo

A mediados del siglo pasado surge la necesidad de estudiar y modelar los procesos por los que los seres humanos aprenden, desarrollándose sucesivas teorías del aprendizaje (conductistas, Gestalt, cognitivas...) que aportan luz sobre los factores que influyen en el aprendizaje y poniendo el foco, cada una de ellas, en un aspecto fundamental. Así, por ejemplo, las teorías conductistas consideran al aprendiz como un mediador entre el estímulo que se le presenta y la respuesta que se espera de él, mientras que las cognitivas consideran al alumno el protagonista de su propio aprendizaje. En este trabajo asumiremos la Teoría del Aprendizaje Significativo, que se ocupa del proceso de construcción de significados por parte del alumnado. Expuesta en 1963 por David P. Ausubel (1963), “aborda todos y cada uno de los elementos, factores, condiciones y tipos que garantizan la adquisición, la asimilación y la retención del contenido que la escuela ofrece al alumnado, de modo que adquiera significado para el mismo” (Rodríguez Palmero, 2008).

Cabe destacar que la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel (Ausubel, 1963; Ausubel, Novak y Hanesian, 1983), como su nombre expone, es una teoría del aprendizaje, no de enseñanza; sin embargo, la aceptación de este marco conceptual puede

condicionar el proceso de enseñanza, en la medida de que no cualquier método o técnica de enseñanza producirá un aprendizaje significativo en el sentido ausubeliano, siendo este término básico en la Teoría del Aprendizaje de Ausubel. De hecho, superado el enfoque conductista a mediados del siglo XX, las teorías cognitivistas, en concreto la del Aprendizaje Significativo, han impregnado su filosofía y objetivos en las leyes educativas de los Estados, provocando el advenimiento de un sinfín de técnicas y metodologías novedosas a las aulas que no siempre han alcanzado el objetivo deseado de conseguir el aprendizaje significativo de los alumnos. En todo caso, no debe entenderse que hay un método único u óptimo de conseguir el aprendizaje significativo para todos los alumnos. Como se ha indicado, la Teoría del Aprendizaje Significativo establece un esquema conceptual con el que comprender la forma en la que los alumnos aprenden, permitiendo múltiples maneras de conseguir este objetivo.

Pero ¿Qué es el aprendizaje significativo? Moreira (2006), basándose en Ausubel (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983), lo define como “el proceso por el cual una nueva información se relaciona, de manera sustantiva (no literal) y no arbitraria, a un aspecto específicamente relevante de la estructura cognitiva del individuo”. Las nuevas informaciones (nuevas representaciones, conceptos, proposiciones) pueden ser aprendidas significativamente (y retenidas) cuando otras representaciones, conceptos, proposiciones relevantes e inclusivos estén adecuadamente claros y disponibles en la estructura cognitiva del sujeto y funcionen interactivamente, como punto de anclaje de las primeras. En resumen, el alumno aprende significativamente cuando, habiendo realizado un esfuerzo deliberado en el proceso, consigue relacionar los nuevos conceptos con conceptos ya adquiridos; incorporándose de esa manera los primeros a la estructura cognitiva del sujeto y pudiéndose usar posteriormente como sustento para posteriores aprendizajes. Tres procesos pueden darse entre conceptos en el aprendizaje: la diferenciación progresiva, la reconciliación integradora y el aprendizaje supraordenado. En el primero, el aprendiz distingue conceptos que anteriormente tenían el mismo o similar significado para él. En la reconciliación integradora se establece una relación entre conceptos inicialmente independientes. En el aprendizaje supraordenado un nuevo significado integra el significado de dos o más conceptos, disponiéndose jerárquicamente por encima de ellos.

De lo anterior se desprende que, en una situación de enseñanza, son tres los constructos implicados: los constructos personales de la persona que aprende, los de la materia de

enseñanza (que son construcciones humanas) y los del profesor. (Moreira, 2006). De esta forma, el foco de la enseñanza se desplaza al alumno y su forma de aprendizaje, siendo éste el motor y protagonista de su propio aprendizaje.

La base, pues, del aprendizaje se encuentra en lo que el alumno ya conoce. Los conocimientos previos y su estructura mental son los que harán posible o no que los nuevos conocimientos que se pretenden enseñar al alumno adquieran significatividad. Por ello, en el proceso de enseñanza es fundamental que el profesor conozca los conocimientos que ya posee el alumno; ningún alumno es una *tabula rasa*. Todo alumno posee una estructura cognitiva (modelo mental) formada por representaciones, conceptos y proposiciones organizada en niveles de abstracción, generalidad e inclusividad (Ausubel, 1983). Estos modelos mentales dan significado a la realidad de cada persona y deben poseer un poder explicativo y predictivo (Rodríguez Palmero, 2011).

1.2. Preconcepciones

La estructura cognitiva inicial de cada alumno se ha configurado en base a los conceptos aprendidos significativamente por dicho alumno a lo largo de su vida. Estos conceptos, estructurados de modo que les proporcionen significatividad, pueden haber sido adquiridos fruto de la instrucción formal recibida o en virtud de sus experiencias personales. El significado que cada alumno asigna a los conceptos y proposiciones que posee puede estar compartido con otros individuos, de modo que se posibilite la comunicación y entendimiento entre las personas (Orozco, Vizcaíno y Méndez, 2012). Ahora bien, compartidas o no con otras personas, estos conceptos y proposiciones no necesariamente se corresponden con el corpus de conocimientos científicamente aceptados, siendo posible incluso que algunos se encuentren en contradicción con ellos. Estos modelos mentales, normalmente intuitivos, que no concuerdan con los modelos establecidos por la ciencia formal (Clement, Brown y Zietsman, 1989) reciben diferentes denominaciones, según la connotación que le atribuya cada autor: preconcepciones, sistemas conceptuales alternativos, teorías implícitas, errores conceptuales, “misconceptions”. En general son modelos mentales con una alta resistencia al cambio (Crisculo, 1987; López y Vivas, 2009), lo que induce a pensar que se corresponden con conceptos y proposiciones aprendidas significativamente, esto es, incorporadas a la estructura mental del alumno y que le confiere una capacidad de predicción ante hechos. Este carácter predictivo, unido a la sensación de control que otorga, induce a inferir que

se trata de un pensamiento causal, que tiene una preferencia psicológica sobre otro tipo de explicaciones, como puede ser en este caso, las científicas (Gil, 2003). Sin embargo, su poder explicativo no es conforme al saber científico y, con el tiempo, supone un lastre para el alumno en su aprendizaje, ya que le dificulta el aprendizaje correcto de nuevos conocimientos relacionados con la preconcepción errónea. La adquisición de estos modelos incorrectos por parte de los alumnos puede deberse a diferentes causas. Algunas de las preconcepciones conocidas en el ámbito de la física son comunes a un amplio espectro de alumnos por lo que se supone que han sido adquiridas por modelos no formales, extraacadémicos, de “sentido común” (Crisculo, 1987; Montanero, Suero, Pérez y Pardo, 2002). Otros se deben a un incorrecto modelo de enseñanza en cursos anteriores; de hecho, se detectan estas preconcepciones en aspirantes a maestros y profesores de ciencias (Giorgi, Pozzo y Concari, 2005).

Los conceptos previos de los alumnos son la base de su aprendizaje, por lo que el profesor debe intentar detectarlos previamente al inicio de las sesiones de enseñanza. En la bibliografía, pueden encontrarse numerosos ejemplos de preconcepciones de los alumnos en física de secundaria y universidad y test para detectarlas (Barbeta y Yamamoto, 2002; Benegas, Pérez de Landazábal y Otero, 2010; Carrascosa y Gil, 1992; Mendoza, 1999; Montanero, 1995).

La presencia de preconcepciones en el ámbito de la enseñanza de la física es ubicua. Al encontrarse estas fuera del ámbito científico es necesario su cambio por un modelo acorde a los conocimientos contrastados por la ciencia. Esta labor no suele ser sencilla debido a la ya comentada resistencia al cambio de las preconcepciones y, de hecho, es posible la existencia en el modelo mental del alumno del modelo al que pertenece la preconcepción y que se aplica en la “vida cotidiana”, esto es, fuera del ámbito académico, junto a otro modelo no significativo, aplicable a lo que el alumno supone que el profesor desea que crea (López y Vivas, 2009). No existe un acuerdo general sobre la manera óptima para modificar las preconcepciones en los alumnos, habiendo autores que consideran preferible trabajar sobre los “anclajes” que subyacen a dichas preconcepciones (Clement, Brown y Zietsman, 1989), mientras que otros abogan por la creación de conflictos cognitivos que lleven al alumno a su modificación (Montanero, Suero, Pérez y Pardo, 2002).

1.3. Función del profesor

Según la Teoría del Aprendizaje Significativo, el profesor debe adoptar un papel de mediador entre el alumno (su modelo mental) y los saberes establecidos para su aprendizaje en el currículo, siendo el alumno el que construye su propio conocimiento en base a los conceptos presentados por el profesor. El profesor debe procurar que el alumno se haga responsable de su propio aprendizaje, fomentando actitudes favorables hacia este y su autonomía personal, con el objetivo último de que el alumno “aprenda a aprender”.

Aceptar al profesor como mediador no supone que su labor se relegue a un segundo plano, el mismo Ausubel (1984) lo considera una de las variables más importantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje, en línea con los datos que el informe PISA nos muestra en cada edición.

Se pueden establecer como funciones básicas del profesor (respecto a su labor como docente, ya que actualmente cada día se exige una nueva competencia para el cuerpo de docentes): la selección de materiales, la elección de metodologías y el proceso de evaluación.

Respecto a la selección de materiales, el profesor debe secuenciar y presentar los materiales que se emplean en el proceso de enseñanza aprendizaje de modo que sean significativos, esto es, deben tener un significado lógico potencialmente relacionable de manera no arbitraria y sustancial (no al pie de la letra) con la estructura cognitiva del alumno y debe incorporar ideas que sirvan de enlace con los conocimientos previos del alumno (González, 2008; Rodríguez Palmero, 2008).

En 1977, Joseph D. Novak publica *A theory of education* (Novak, 1977) donde introduce un factor más en la Teoría del Aprendizaje Significativo, los sentimientos. Para Novak, “Cualquier evento educativo es una acción para cambiar significados (pensar) y sentimientos entre aprendiz y profesor”. Los alumnos reaccionan afectivamente ante la experiencia educativa. Si el alumno considera que está sacando provecho, o tiene esperanza de que así sea, a la tarea emprendida, se siente bien y encuentra más sencillo realizar el esfuerzo mental necesario para conseguir un aprendizaje significativo. En cambio, si el alumno no siente eficaz el esfuerzo que realiza se siente mal y esto revierte en una dificultad mayor en realizar el trabajo mental de alcanzar el aprendizaje significativo (Moreira, 1997). Esta aportación humanista de Novak, entronca con motivación del alumno ante el aprendizaje. Dado que es el alumno el que debe realizar la

labor mental de aprovechar los materiales seleccionados por el profesor para incorporarlos a su estructura mental, este necesitar encontrar motivos para hacer el esfuerzo, creer que obtendrá una recompensa del trabajo realizado. En las últimas décadas en el ámbito educativo se ha realizado una ingente labor en procurar la motivación del alumno en el aula, especialmente acercando los contenidos y actividades realizadas a los posibles intereses del alumno, haciendo estos más “cotidianos” o más prácticos. Según Novak, efectivamente este es un paso en el camino correcto, aunque sólo sea un medio para alcanzar el fin deseado, que es que el alumno consiga el aprendizaje significativo de los conceptos establecidos. Convertir la motivación del alumno en un fin no asegura que este aprenda significativamente, al margen de que se sienta bien durante el proceso de enseñanza-aprendizaje (Galagovsky, 2004).

Así pues, el profesor, en su labor educativa, no solo tiene que seleccionar materiales que resulten significativos para el alumnado, también debe establecer una didáctica que motive a los alumnos y se adapte a las individualidades de cada uno de ellos. El profesor entonces, podrá establecer actividades variadas para conseguir el aprendizaje significativo en sus alumnos atendiendo a los diferentes estilos de aprendizaje de estos.

Por último, no se puede obviar el relevante papel de la evaluación en el proceso de enseñanza aprendizaje. Según Gowin (1981) "la enseñanza se consume cuando el significado del material que el alumno capta es el significado que el profesor pretende que ese material tenga para el alumno". El proceso por el que el alumno capta el significado de los conceptos que el profesor propone mediante el material entregado no es inmediato. El alumno necesita reflexionar y elaborar un significado propio a los conceptos que se le presentan, esto supone tiempo y pasar por un proceso de acierto-error. El profesor debe indicar al alumno si ha aprendido correctamente y este tendrá que ajustar su estructura mental según dichas indicaciones.

No es razonable pensar que, por el mero hecho de presentar un contenido a los alumnos mediante una serie de materiales empleando una cierta metodología, el alumno automáticamente va a aprenderlos. El alumno y el profesor deben realizar un proceso por el que este verifica que lo aprendido por aquel es justo lo que se pretendía que se aprendiese. Este proceso, que comienza en la detección de los conceptos conocidos inicialmente por el alumno (evaluación inicial) y termina con la evaluación de lo aprendido (evaluación final), fundamental en la labor educativa, es la evaluación.

1.4. Características del Aprendizaje Significativo

Hasta aquí se ha definido el Aprendizaje Significativo y se ha comentado la importancia de las ideas previas, preconcepciones, motivación, materiales y metodología empleada en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Queda por establecer el proceso por el que se realiza el aprendizaje.

Según Ausubel la estructura cognitiva tiende a organizarse jerárquicamente en términos de nivel de abstracción, generalidad e inclusividad de sus contenidos (Moreira, 1997). Los elementos primordiales de la estructura cognitiva son los conceptos y las relaciones entre estos. Algunos de estos elementos son especialmente relevantes al poder actuar como ideas de anclaje, subsumidores en la terminología de Ausubel. En estas ideas de anclaje podrán establecerse relaciones propositivas con nuevos conceptos, estableciéndose el Aprendizaje Significativo.

Atendiendo al tipo de objeto aprendido, el aprendizaje significativo puede ser de representaciones, de conceptos y de proposiciones (Ausubel, 1983). Distingue Ausubel entre el aprendizaje de representaciones y de conceptos considerando las representaciones como una igualdad entre un símbolo arbitrario y su referente (asignación de nombre a objetos, eventos o conceptos), por ejemplo el aprendizaje del significado de las palabras “perro” o “rojo”; mientras que los conceptos son ideas unitarias genéricas o categóricas no relativas a objetos o eventos, por ejemplo los conceptos “animal” o “color”. En el aprendizaje de proposiciones la idea resultante es más que la simple suma del significado de las palabras componentes individuales; por ejemplo, la ley de Ohm, $V = R \cdot I$, es más que una simple relación de igualdad entre tres magnitudes. Idealmente, a lo largo de la vida escolar de un alumno, debe pasarse de un aprendizaje básicamente de representaciones en los primeros años, a un aprendizaje proposicional en cursos más elevados.

Respecto al aprendizaje de proposiciones, se clasifica en subordinado (inclusivo, derivativo o correlativo), superordinado o combinatorio (Rodríguez, 2008). En el aprendizaje subordinado la nueva proposición se deriva de la idea de anclaje (subsumidor); por ejemplo conocida la idea de fuerza, aprender la fuerza gravitatoria. En el aprendizaje superordinado se incorpora una idea más general o más abstracta de modo que es capaz de incluir otras ya conocidas; por ejemplo, el concepto “animal” es más general que “perro” o “gato”. En el aprendizaje combinatorio no se establecen relaciones

de jerarquía (subordinación o superordenación), sino una relación significativa de modo general; por ejemplo la relación precio/demanda o en física masa/energía.

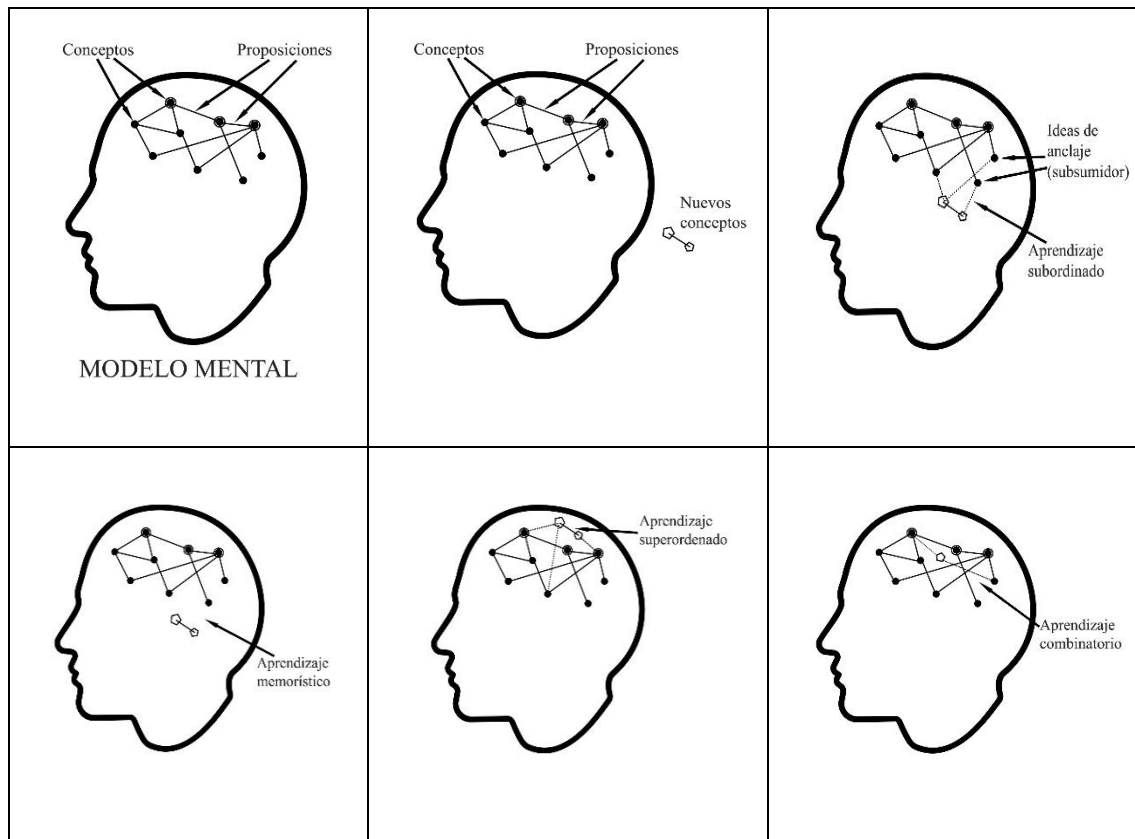


Figura 1. Modelos mentales y tipos de aprendizaje

La característica más importante del Aprendizaje Significativo, sea cual sea el tipo, es que no se limita a establecer asociaciones entre el modelo mental del aprendiz y las nuevas informaciones, la integración en la estructura cognitiva de modo no arbitrario y sustancial modifica la propia estructura mental mediante la diferenciación, evolución o estabilización de los conceptos (subsumidores) preexistentes.

Así, dadas las características comentadas del aprendizaje significativo, cuanto más conceptos y relaciones se aprendan significativamente, mayor y más compleja será la estructura mental resultante y, por ello, mayor la disponibilidad de subsumidores que permitan aprender nuevos conceptos. En resumen, cuanto más se aprende más fácil es aprender más.

1.5. Aprendizaje significativo y memoria

Según lo dicho anteriormente, para que se produzca el aprendizaje significativo es necesario que el alumno esté predispuesto al aprendizaje, que los contenidos sean significativos, esto es, que posean un significado lógico potencial para el alumno y que se establezcan las relaciones no arbitrarias y sustantivas entre los nuevos contenidos y los subsumidores de la estructura cognitiva del alumno. Las dos primeras condiciones son necesarias pero no suficientes para que se produzca el aprendizaje significativo.

Con frecuencia se contrapone el aprendizaje significativo al aprendizaje memorístico, mecánico o automático. Se entiende este como aquel que se produce “cuando el material de aprendizaje es relacionable con la estructura cognitiva solamente de manera arbitraria y literal y que no da como resultado la adquisición de significados para el sujeto” (Moreira, 1997). El aprendizaje memorístico no está directamente relacionado con el método pedagógico empleado ni con la significatividad del material aportado a los alumnos.

Se da el caso de alumnos, que o bien no saben o no pueden desarrollar las técnicas adecuadas para alcanzar el aprendizaje significativo. Puede ocurrir que el alumno no tenga conocimientos significativos suficientes para aprender determinados nuevos conceptos (de ahí la importancia de la detección de conceptos previos) (Ausubel, 1983) o bien puede que considere poco rentable para su marcha académica el esfuerzo que requiere la elaboración de los contenidos necesaria para alcanzar el aprendizaje significativo de estos. Si la evaluación de dichos contenidos no es lo suficientemente profunda o extendida en el tiempo, el alumno puede sobrepasar la evaluación sin haber alcanzado el objetivo deseable del aprendizaje significativo.

También es usual asociar el aprendizaje memorístico con la “charla magistral”, empleando el argumento de “al serla charla magistral un método tradicional, fomenta el memorismo”. Siendo cierto que la charla magistral puede estar asociada al memorismo, también lo es que puede no ser así. La charla magistral es un método pedagógico válido y útil en ocasiones, especialmente para la enseñanza de ciertos contenidos con carga conceptual alta. Es razonable considerar que influye más el método de evaluación que el método de enseñanza en el “grado de memorismo” que los alumnos alcanzarán. De hecho, se considera que existe un continuo en el aprendizaje que va desde la memorización hasta el aprendizaje significativo. Evidentemente, hay situaciones que requieren de la memoria,

siendo difícil su aprendizaje significativo (listas de objetos o fechas, constantes, tabla periódica, datos...) y que complementan, posibilitan o soportan un posterior aprendizaje significativo de otros conceptos. Es cuestionable pues, la tendencia “didáctica” a eliminar la capacidad de memorización de los alumnos en aras de un supuesto aprendizaje significativo por dos motivos básicos. Primero, porque es necesaria ejercer la memoria para potenciarla, y los contenidos aprendidos por primera vez necesitan reforzar su relación con el modelo mental preexistente para fijarse en la estructura mental, esto necesita una cierta capacidad de memoria. Segundo porque eliminar el uso de la memoria no supone automáticamente que el aprendizaje que se realice sea significativo, puede no serlo, de hecho, puede no haber ni siquiera aprendizaje.

Según Rodríguez y Moreira (2002) “Desarrollar conocimiento no es más que una paulatina construcción de representaciones mentales, que dan cuenta de la realidad”, como se ha dicho anteriormente, esta construcción requiere de esfuerzo y tiempo por parte del alumno. Una vez que el alumno ha captado un nuevo concepto y lo ha integrado en su estructura mental, si la nueva relación no se refuerza adecuadamente, se atenúa y puede llegar a olvidarse. Para que la relación significativa perdure y forme parte estable de la estructura mental es necesario que resulte útil. Conviene pues reforzar la relación para hacerla perdurable. Este refuerzo es más eficaz si no transcurre mucho tiempo tras la primera aceptación de la nueva información. En física es tradicional fomentar este refuerzo de los conceptos aprendidos mediante la realización de ejercicios y/o problemas relacionados con ellos. Este método, que supone una dificultad para los alumnos, tiene la virtud adicional de poder establecer nuevos vínculos con otros conceptos previos, reforzando la consistencia del modelo mental establecido.

Capítulo 2: Aprendizaje colaborativo

Alcanzar un aprendizaje significativo es una labor personal, ya que nadie puede aprender por otro; cada cual debe hacer el esfuerzo de relacionar los conceptos que se le muestran en las actividades de aprendizaje con su propia estructura mental. Ahora bien, esto no significa que esa labor personal deba ser una labor individual. Desde la administración educativa, tanto en enseñanzas Primarias y Medias como en superiores, y dentro del paradigma del aprendizaje significativo, se insta a que cada estudiante debe construir su propia estructura de conocimiento, a través de sus propios esfuerzos. Este objetivo se encuentra alineado con las evaluaciones internacionales que se realizan en nuestro país, como PISA, que realiza pruebas de resolución colaborativa de problemas (OECD, 2017). Por otro lado, las sucesivas leyes educativas, que periódicamente son “reformadas”, mantienen entre sus objetivos metodológicos el trabajo en equipo “...será fundamentalmente activa y participativa [...] favorecerá la capacidad del alumnado para aprender por sí mismo, para trabajar en equipo y para aplicar los métodos de investigación apropiados; estimulará el compromiso del alumno con su aprendizaje desde la motivación intrínseca, la responsabilidad y el deseo de aprender; asimismo, potenciará el trabajo individual y cooperativo en el aula, donde el rol del docente ha de ser el de guía y facilitador del proceso educativo” (DECRETO 98/2016, de 5 de julio, por el que se establecen la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato para la Comunidad Autónoma de Extremadura).

Estos dos principios, el aprendizaje autónomo y en equipo, dentro de la teoría del Aprendizaje Significativo, no solo no son contradictorias sino que son perfectamente complementarias.

En “El desarrollo de los procesos psicológicos superiores” Lev Vygotski (1979), exponiendo su zona de desarrollo próximo, establece una separación entre la capacidad de un alumno para resolver un determinado problema por sí mismo y dicha capacidad con la ayuda de un adulto o un compañero. Esta zona de desarrollo próximo la define como la distancia entre el conocimiento asentado de un alumno, esto es, lo que ya sabe hacer por sí mismo, y lo que puede llegar a hacer con ayuda de alguien más capaz. Entendiendo el proceso de aprendizaje como un continuo, aquellas capacidades que en un determinado instante del desarrollo del alumno sólo es capaz de hacer con ayuda, dadas las circunstancias y el tiempo adecuados, las adquirirá de modo permanente, pasando a

formar parte de su esquema mental. Cabe destacar aquí que Vygotski especifica que la ayuda, dentro de la zona de desarrollo próximo, puede realizarse tanto por un adulto o profesor, como en colaboración con un compañero más capaz.

Traducido al lenguaje del aprendizaje significativo: para que un alumno pueda incorporar nuevo contenido a su estructura mental, aprendiendo así significativamente, es necesario que la distancia cognitiva entre los nuevos conceptos y los ya aprendidos significativamente sea menor que la zona de desarrollo próximo.

El acceso a la zona de desarrollo próximo, tanto por profesorado como por los compañeros tiene características diferentes, debido, fundamentalmente, a la asimetría en la relación profesor-alumno. Esta relación asimétrica provoca que, especialmente en las etapas más tempranas del aprendizaje, el alumno pueda no verbalizar sus preguntas ante una determinada cuestión, afectando negativamente en el aprendizaje realizado o dificultando su integración significativa en el esquema mental del alumno. Por el contrario, el trabajo en grupos de iguales, facilita que el alumno pueda cuestionar al compañero, dado que lo considera un igual, y plantear conflictos cuya resolución mejoren la significatividad del aprendizaje. En un término intermedio entre la relación profesor-alumno y relación entre iguales se encuentra la interacción entre un alumno mentor, con mayor capacidad o nivel, y el alumno aprendiz.

Como se comentó en el capítulo 1, el aprendizaje de nuevos significados surge, según Gowin (en Moreira, 2010) de la interacción entre alumnos, materiales educativos y profesor en un cierto contexto de enseñanza. En este proceso de adquisición de nuevos contenidos, tiene importancia la compartición de significados, que puede realizarse tanto entre profesor-alumno como entre alumno-alumno (Webb. 1984). Es en este contexto en el que adopta su sentido el aprendizaje colaborativo.

A todo esto es necesario añadir la contribución de Joseph Novak a la teoría del aprendizaje significativo. Novak introduce una perspectiva humanista a la teoría de Ausubel al considerar que los seres humanos “piensan, sienten y actúan” de modo que en el aprendizaje no solo se realiza una compartición de significados, sino también de sentimientos. Toma especial importancia, por tanto, la experiencia afectiva del alumno frente al aprendizaje, de modo que según sea el sentimiento, positivo o negativo, ante el aprendizaje será de provechosa la acción de aprender (Moreira, 1997). Esta componente

afectiva alcanza una dimensión diferente a la tradicional profesor-alumno en el caso del trabajo en grupos.

Los primeros estudios sobre trabajos colaborativos surgen en la década de los años 70 del siglo XX, en Estados Unidos, casi contemporáneamente al nacimiento de la teoría del aprendizaje significativo. Durante los años 80 y 90, diferentes autores presentan diferentes técnicas colaborativas (en Camilli Trujillo, López Gómez y Barceló Cerdá (2012) se muestra una breve reseña histórica y en Webb (1984) se muestra una revisión de los estudios realizados hasta ese momento), aunque no es hasta los 80 cuando diversos autores (Villalvilla, López y Llamas (1988), Ovejero (1990, 1993), Coll (1984), Santos Rego (1990)) comienzan a abogar por la introducción de estas técnicas en la aulas españolas. Aun así, no es hasta principios del nuevo siglo cuando comienza un uso constante y creciente de estas técnicas de trabajo en las aulas, primero en el ámbito universitario y posteriormente en todos los niveles educativos.

Antes de definir formalmente aprendizaje colaborativo o cooperativo, cabe indicar que, aunque algunos autores establecen diferencias entre ambos conceptos (Camilli Trujillo, López Gómez y Barceló Cerdá, 2012; Lewis, 2001), en la práctica ambos términos se utilizan efectivamente como sinónimos. Johnson y Johnson (1999) definen “aprendizaje cooperativo como el uso instruccional de pequeños grupos en los que los estudiantes trabajan juntos y maximizan su propio aprendizaje y el de cada compañero”. Bernaza y Lee (2005) afirman que “El Aprendizaje Cooperativo es un proceso de construcción social en el que cada profesional aprende más de lo que aprendería por sí mismo, debido a la interacción con otros miembros de su comunidad profesional o de su grupo de estudio”.

De las definiciones indicadas cabe deducir que no todo trabajo en grupo supone un aprendizaje colaborativo, se hace necesario que el resultado de la interacción entre los componentes del grupo supere los resultados que individualmente tendría cada uno de los componentes por separado. Con frecuencia se dan en las aulas momentos de trabajo en grupo, más o menos estructurados, no colaborativos. Por ejemplo, la realización de una tarea determinada, tanto en el aula como fuera de ella, sin más organización ni condicionamiento previo, suele derivar efectivamente en situaciones de bajo rendimiento académico para el conjunto de los componentes de cada grupo, especialmente si el profesor no puede realizar un control exhaustivo del trabajo realizado realmente por cada alumno. Es frecuente, que haya alumnos que no realicen la parte correspondiente de la

tarea encomendada y otros, más responsables, tengan que compensar esa carencia con un trabajo individual extra; de resultas, casi ningún alumno, en un grupo no estructurado, consigue mejorar su rendimiento y, en algunos casos, efectivamente se empeora. Todo ello sin considerar la componente relacional, que se verá perjudicada por la sensación de impotencia e injusticia sufrida por los alumnos que han tenido que realizar el trabajo extra.

Los dos factores que inciden en mayor medida en el éxito de una tarea colaborativa son las recompensas y la estructura de la tarea (Camilli Trujillo, López Gómez y Barceló Cerdá, 2012):

Recompensas

Generalmente, cuando un alumno debe realizar una tarea, valora inicialmente, no siempre de modo consciente, el coste que esta tiene en función de la recompensa que obtendrá con su trabajo. En los grupos de trabajo heterogéneos, los objetivos académicos de los componentes de un grupo son diferentes y posiblemente divergentes; para unos el objetivo puede ser obtener una alta calificación, mientras que para otros, este puede ser solo superar la materia. En esta situación, si no se establece un sistema en el que el alumno vea valorado individualmente su trabajo es probable que los alumnos con objetivos menos ambiciosos se muestren más reacios a implicarse totalmente en su trabajo.

Así, es conveniente que los alumnos vean recompensado su trabajo considerando al menos dos aspectos: la calidad final del trabajo realizado y la aportación que cada componente del grupo ha realizado respecto a la tarea total. Si la recompensa de cada participante es proporcional a los resultados del grupo se favorece una organización colaborativa (Coll, 1984).

Estructura de la tarea

Para promover una organización colaborativa en grupos es necesario que la estructura de la tarea que se debe realizar sea tal que cada miembro del grupo solo pueda alcanzar sus objetivos si el resto de miembros alcanzan los suyos (Coll, 1984). Cuanto más vinculadas y complementarias sean las tareas de cada miembro, más necesario será que colaboren y más complicado que unos desistan de sus obligaciones para que la realicen otros. Evidentemente, también se hace necesario un nivel adecuado de confianza, respeto y responsabilidad entre los miembros del grupo. Estos condicionantes deben trabajarse previamente a la

formación de los grupos colaborativos para evitar situaciones incómodas para los alumnos.

Deben darse además cinco elementos internos esenciales (Johnson y Johnson, 1999; Moreno, González, Castilla, González y Sigut, 2007; Bernaza y Lee, 2005) para que un grupo pueda considerarse que está trabajando colaborativamente:

Interdependencia positiva / Cooperación

Los participantes necesitan comprender que la tarea que deben realizar está ligada a la del resto de los componentes del grupo y estar dispuesto a compartir metas con ellos. Se necesita establecer un sistema de no competencia con el resto de compañeros si no de colaboración.

Responsabilidad individual

La corresponsabilidad tiene una doble vía, por una parte, cada miembro del grupo será ayudado por el resto de compañeros, pero a su vez exige una responsabilidad individual, ya que el éxito del grupo, de cada uno de los miembros del grupo, dependerá en gran medida del trabajo realizado individualmente. El aprendizaje colaborativo es una forma de trabajo en grupo donde cada miembro es responsable tanto de su aprendizaje como el de los restantes miembros del grupo (Gil, Baños, Alías y Gil, 2007; Jiménez, Llobera, Llitjós, 2005).

Interacción promotora del cara a cara / Comunicación

Al margen de la eventual distribución de roles y trabajo que se realice en el grupo para cumplir con eficacia la tarea impuesta, es necesaria una comunicación efectiva entre los miembros del grupo que suponga realimentación en la información aportada. De este modo se favorece un clima de confianza, suficiente para que surja el debate en el grupo. Idealmente, cada miembro se encontrará en la zona de desarrollo próximo de Vygotski maximizando la capacidad de aprendizaje del grupo.

Habilidades sociales

El elemento anterior pone en juego la habilidad de los miembros del grupo de interaccionar positivamente con el resto de compañeros superando los conflictos que puedan surgir. Toma especial importancia la capacidad de los miembros del grupo de asumir el liderazgo, fomentar la confianza y posibilitar la toma de decisiones para la resolución de los problemas que haya, así como llevar a término la tarea encomendada.

Autoevaluación del grupo

Los grupos deben valorar las acciones que han realizado considerando las eficaces y las ineficaces para considerar cambios en futuras acciones.

Según Coll (1984) hay dos situaciones en las que la producción de un grupo colaborativo no mejora la producción individual, aquellas en las que o bien uno de los miembros del grupo se ha impuesto sobre el resto o bien cuando todos los miembros del grupo tienen el mismo punto de vista. Por ello, el grupo se enriquece, tanto cognitiva como socialmente, cuando está conformado por elementos heterogéneos de modo que durante el trabajo se provoque un conflicto sociocognitivo que permita a los miembros del grupo superar sus propios puntos de vista, maximizando la eficacia del trabajo realizado empleando los puntos fuertes de cada miembro (Durán-García y Durán-Aponte, 2013). Este conflicto, en su componente social puede ser favorecedor de una mejora en las relaciones interpersonales, aunque generalmente, será necesario un trabajo previo de creación de un clima de confianza entre los alumnos y haberles provisto de las habilidades sociales necesarias para la resolución de conflictos (León del Barco, 2006; Estrada, Monferrer y Moliner, 2016).

Dentro de los grupos, tanto si son heterogéneos como si son homogéneos, pueden distribuirse diferentes roles para los componentes: secretario, presentador, coordinador, facilitador, recopilador de datos... según sean las tareas que se encomienden al grupo. En caso de asignar estos papeles a los alumnos, es necesario que se les prepare para desempeñar el rol establecido, bien previamente a la formación de los grupos, bien manteniendo la composición de cada grupo el tiempo suficiente para que cada cual pueda aprender y desempeñar el cargo asignado convenientemente.

Los efectos sobre el alumnado del trabajo en grupos colaborativos pueden estudiarse en dos grandes categorías: efectos sobre las habilidades personales y relacionales y efectos sobre el aprendizaje.

Respecto a la primera categoría, son muchos los efectos positivos del trabajo colaborativo. Evidentemente, se mejora la capacidad de negociación en los alumnos, que tienen que aprender a defender sus propios argumentos en la misma medida que escuchan y aceptan los ajenos (Kearney, 2004). En el mismo orden, el trabajo en grupos estructurado fomenta el respeto a los compañeros, el compañerismo, la solidaridad dentro y fuera del grupo (Nava, Arrieta y Flores, 2009), la generación de sinergias y empatías

entre miembros del grupo y las comunicaciones tanto oral como escrita (San Martín, Albisu y González, 2008). Denegri, Opazo y Martínez (2007) y Ramos, Santos y Lopes (2013) entre otros, evidencian que el trabajo colaborativo mejora el autoconcepto general de los alumnos específicamente el autoconcepto físico, personal, familiar y social. En general, el trabajo en grupos reduce la ansiedad y la frustración en los alumnos consiguiendo emociones positivas respecto al trabajo realizado. Cabe destacar que esta forma de trabajo también puede mejorar la integración de alumno de minorías étnicas o culturales (Tobin, 2009; Pliego Prenda, 2011), fruto de los efectos que se han mencionado.

Si bien los efectos mencionados son positivamente destacables, la finalidad última de emplear técnicas de trabajo colaborativo es la mejora de la capacidad de aprendizaje de los alumnos. En general, el trabajo colaborativo incentiva que el alumno participe activamente en su aprendizaje, promoviendo el recuerdo y la asimilación de conceptos y fomentando que el aprendizaje se produzca de modo significativo en mayor medida que cuando hay una implicación pasiva del alumno (Lord 2007; Moreno, González, Castilla, González y Sigut, 2007). La necesaria participación de los alumnos en las actividades educativas en el aprendizaje colaborativo y el cambio de papel en el profesorado suscitan una mayor motivación para el aprendizaje (Denegri, Opazo y Martínez, 2007) que, como se comentó en el capítulo 1 es uno de los factores que promueven el aprendizaje significativo. Además, el alumno ve necesaria la verbalización de los conceptos que debe exponer o debatir en el grupo, cuestión que objetiva los esquemas mentales del alumnado y, fruto de la confrontación con los argumentos de otros miembros del grupo, pueden verse reestructuradas o modificadas (Webb, 1984). Así, desde la óptica de un modelo constructivista y haciendo énfasis en el aprendizaje significativo, la implantación de metodologías activas, como el aprendizaje colaborativo, han mostrado de forma clara su mayor efectividad para el desarrollo del aprendizaje por parte de los alumnos (Oliver-Hoyo, Alconchel y Pinto, 2012; Camilli Trujillo, López Gómez y Barceló Cerdá, 2012).

En la actualidad, el trabajo colaborativo puede extenderse eficazmente más allá de las aulas. Se encuentran a disposición de las escuelas herramientas informáticas potentes, sencillas de utilizar y gratuitas en su mayor parte que posibilitan la realización de un trabajo colaborativo sin que los componentes del grupo deban encontrarse cara a cara. De nuevo es necesario insistir en que el trabajo en grupo, bien cara a cara, bien virtualmente, no implica que este se realice colaborativamente; será necesario que se cumplan los

principios indicados anteriormente, aunque alguno de ellos se realice de modo virtual (Duarte José, da Purificação de Bastos, 2017; Lewis, 2001; Romero Ariza y Quesada Armenteros, 2014).

En otro orden de cosas, el papel del profesor en el trabajo colaborativo como guía se hace más patente. Evidentemente, además del diseño de la actividad, es necesaria, en general, su presencia para la resolución de las dudas o dificultades que puedan aparecer. Dado el carácter interpersonal de las actividades propuestas, el papel del profesor se extiende más allá de mero transmisor de conocimientos para jugar un papel básico en el transcurso de la actividad como motivador y mediador entre los alumnos. Como contrapartida, el trabajo en grupos colaborativos libera al profesor de tareas en el aula, permitiéndole acercarse a los alumnos más personalmente y atender más intensamente a los alumnos que más lo necesitan (Denegri, Opazo y Martínez, 2007). En general, estos son los alumnos que se pueden ver más beneficiados por la utilización de grupos colaborativos, ya que en ámbitos más pequeños que el gran aula, pueden sentirse más seguros y además se fomenta, por la propia esencia del trabajo colaborativo, que los compañeros más capaces ayuden a los más necesitados.

En resumen, el trabajo colaborativo es una herramienta eficaz para conseguir el aprendizaje significativo de cualquier materia en los alumnos. Además, aporta otras virtudes en el ámbito del desarrollo personal: mejora de la autoestima, mayor motivación ante la asignatura, reducción de la ansiedad y frustración y especialmente el desarrollo de las habilidades sociales y la empatía. No obstante, con cierta frecuencia, se observa que el trabajo en grupos colaborativos para algunos docentes ha tenido como objetivo prioritario el trabajar con grupos colaborativos, valorándose especialmente (y en ocasiones únicamente) su aporte en el desarrollo de habilidades sociales, olvidando que es una herramienta privilegiada para el aprendizaje significativo. Además, como cualquier herramienta didáctica, tiene sus limitaciones; los alumnos reducen su motivación ante este método de trabajo cuando se abusa de él; para algunos alumnos puede ser frustrante que los compañeros no realicen el trabajo encomendado, que acaparen todo el trabajo o tenga que hacerse como algunos compañeros determinen (Jiménez Valverde, 2006), dañando algunas relaciones personales; alumnos más dependientes pueden tener dificultades después en tareas individuales y en ocasiones los grupos no son capaces de organizarse convenientemente, provocando el fracaso de la tarea encomendada.

En último término, es imprescindible que los alumnos conozcan de antemano que se realizará una adecuada evaluación tanto grupal como individual del trabajo encomendado.

2.1. Técnica jigsaw

Las técnicas de trabajo colaborativo o cooperativo pueden clasificarse en dos bloques: técnicas de trabajo informal y técnicas de trabajo formal.

Las primeras, cuya finalidad básica es el aprendizaje del trabajo colaborativo, son técnicas muy estructuradas, dirigidas a la consecución de metas muy concretas, que requieren de pocos conocimientos previos sobre el trabajo en grupo y generalmente de corta duración, inferior al tiempo de duración de una clase (Torrego, 2011). Estas técnicas pueden emplearse con múltiples fines, desde activar conocimientos previos o resumir un tema a presentar contenidos o sintetizar lo trabajado en una sesión, pasando por la resolución o el planteamiento de problemas.

Las técnicas de trabajo formal son más complejas y pueden extenderse incluso durante varias sesiones. El trabajo con estas técnicas supone un cierto grado de destrezas en el trabajo colaborativo tanto por parte del profesor como de los alumnos. Además, se requiere un clima de confianza en los grupos para que estos puedan eficazmente realizar la tarea propuesta. En el anexo I de Torrego (2011), Santos Rego (1990) o en www.colectivocinetica.es pueden encontrarse algunos ejemplos de estas técnicas.

Una de las metodologías de aprendizaje colaborativo formal es la técnica jigsaw propuesta por Aronson y Patnoe, (1997) (www.jigsaw.org). Ésta técnica que es muy simple de aplicar en materias como las ciencias sociales, humanidades, biología, etc., también puede aplicarse en las ciencias físicas, donde se han realizado estudios relacionados con el campo magnético (Tanel y Erol, 2008), campo eléctrico (Sandoval y Mora, 2009), o incluso en física moderna (Maftei y Popescu, 2012).

El método jigsaw consiste en dividir una lección en secuencias que pueden ser tratadas de forma independiente y que alcanzan conjuntamente los objetivos de la lección. Cada sección actúa como una pieza de puzzle, que sólo puede completarse con todas las piezas. Los alumnos se dividen en grupos heterogéneos de “n” estudiantes, llamaremos a éstos grupos jigsaw. Pueden considerarse tres fases.

Fase de Exploración: Cada estudiante recibe una hoja de trabajo individual, numeradas del 1 al n, que muestra la carga de trabajo. Esto implica una planificación previa del tipo de tareas que resumen el programa y a qué tipo de estudiantes se dirigen, es deseable que los grupos formados no sobrepasen los cinco o seis alumnos.

Fase de especialización: Los estudiantes que tienen el mismo número en el formulario se organizarán en grupos de "expertos" que llevarán a cabo las tareas de las hojas de trabajo. En estos grupos de expertos cada alumno debe preparar su parte de la tarea de modo que, todos los componentes del grupo se ayuden entre sí para después poder explicarlo a sus compañeros de grupo jigsaw. Los alumnos tienen, pues, la posibilidad de mostrar lo que han comprendido de su parte del tema y plantear sus dudas para ser respondidas por los compañeros. En caso de no poder resolver alguna cuestión en el grupo, el profesor podrá ayudarles.

Fase de explicación: Después de un período de tiempo acordado, los alumnos se reunirán en los grupos jigsaw originales, donde cada alumno expondrá su trabajo de experto a los demás compañeros, hasta que el "todo", diseñado por el profesor, se logre a través de la contribución de cada alumno en el grupo jigsaw. Es pertinente que, en la medida de lo posible, se realice una presentación o puesta en común del trabajo realizado por cada grupo.

Básicamente, cada alumno trabaja (es especialista) en una secuencia, mientras recibe el resto de sus compañeros, esto es, cada estudiante debe ser parte de la solución del proyecto global (Maftei y Popescu, 2012). Esta es una de las características más importantes de este método, cada alumno debe comprender que su trabajo es fundamental para los compañeros, ya que si su parte, trabajada en el grupo de expertos, no es convenientemente explicada en el grupo de jigsaw, éstos no podrán tener la imagen global de la lección tratada, el éxito del grupo depende de todos y cada uno de sus componentes. La figura 2 es una adaptación del mapa conceptual elaborado por Gil (Gil, Tobaja y Solano, 2014) y que describe las características de esta técnica.

Los beneficios aportados por la técnica de jigsaw en alumnos de secundaria y universidad son las ya mencionadas sobre el trabajo en grupos colaborativos (Anderson, 2019; Darnon, Buchs, Desbar, 2011; Mendoza Becerra, Cobos Lozada y Gómez Flórez. 2005; Morales Sánchez y Pérez-Calero, 2018; Olmedo Salar, 2018), además, se reporta (García,

Abrego y Robert, 2017) que favorece la mejora en la capacidad de atención de los alumnos.

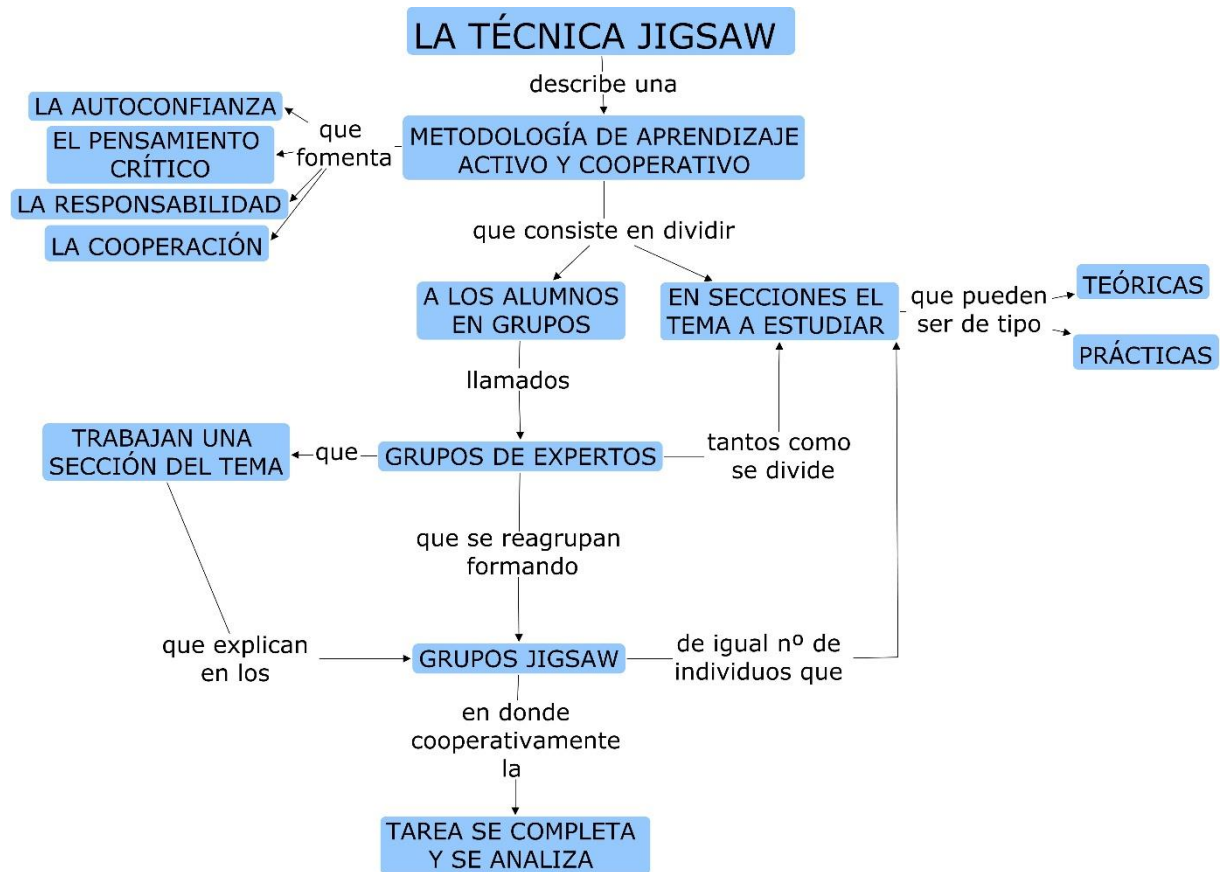


Figura 2. Mapa conceptual que describe la técnica jigsaw

Capítulo 3: Mapas conceptuales

Aunque la estructura mental de un individuo no es más que una idealización abstracta, es posible una representación simplificada y aproximada de esta para temas concretos empleando mapas conceptuales. Introducidos originalmente en la década de los setenta del siglo pasado por Joseph Novak en la Universidad de Cornell, son diagramas en los que se representan visualmente relaciones jerarquizadas, significativas para el autor del mapa, entre diferentes conceptos pertenecientes a una disciplina o un segmento de esta.

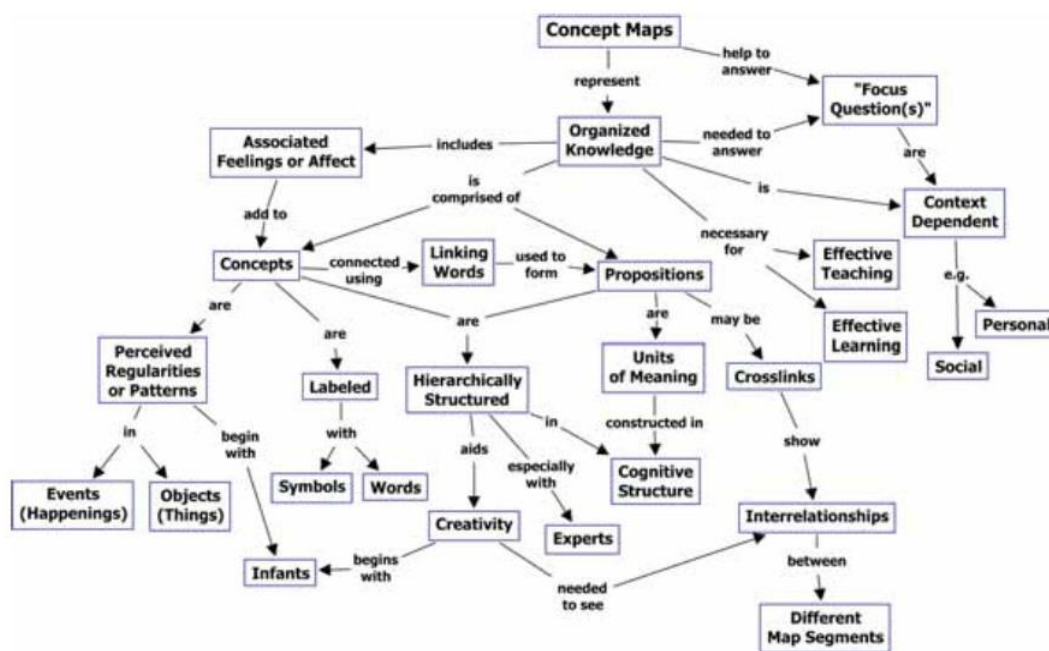


Figura 3. Mapa conceptual sobre los mapas conceptuales

En la figura 3, extraída de Novak y Cañas (2008) se muestra un mapa conceptual que hace referencia a la idea central de mapa conceptual. Como puede apreciarse, el mapa conceptual consta de cuatro elementos principales; conceptos, proposiciones, nexos y jerarquía. Los conceptos se representan dentro de recuadros. Entre unos conceptos y otros se establece una relación (proposición) representada con una flecha, que puede ser unidireccional o bidireccional. Sobre la flecha que representa la relación, se escribe una o varias palabras de unión entre los conceptos de modo que pueda leerse efectivamente y con pleno sentido una frase formada por los conceptos relacionados y dichas palabras de unión, que denominaremos nexos (Por ejemplo: “los Mapas Conceptuales” – representan – “Conocimiento Organizado” / “Concept Maps” – represent – “Organized Knowledge”).

El último elemento es la jerarquía del mapa, que suele establecerse de modo que los elementos más generales o más inclusivos estén en la parte superior del mapa y los más específicos en la inferior. Este criterio de jerarquía tiene sus críticos, como veremos un poco más adelante.

En los mapas conceptuales es conveniente explicitar el tema del que versará dicho mapa o la cuestión que se pretende responder con este. Es la pregunta de enfoque o *focus question* y suele aparecer en un recuadro aparte sin ningún enlace con el resto del mapa. Esta determina la elaboración del mapa conceptual y puede condicionar que su elaboración se realice en unos términos o en otros (Derbentseva, Safayeni y Cañas, 2007). Desafortunadamente, en numerosas ocasiones suele darse por supuesta y, como ocurre en la figura 3, no se indica explícitamente.

Atendiendo a los principios de la teoría del Aprendizaje Significativo y suponiendo que el mapa conceptual realizado por un individuo es una cierta representación de su estructura mental sobre el tema propuesto, es necesario incidir en la idea de que no existe un único mapa conceptual correcto sobre un tema en cuestión, sino que este dependerá de la estructura mental del autor, de su pericia o experiencia en la realización de mapas conceptuales y, por supuesto, de la estructura lógica del tema sobre el que versa el mapa. En todo caso, de acuerdo con Novak y Gowin (1984), el mapa conceptual es una técnica que permite la explicitación de conceptos y proposiciones del autor del mapa, por lo que supone una herramienta útil tanto para la enseñanza como para el aprendizaje de cualquier materia.

3.1. Elaboración de mapas conceptuales

La elaboración de un mapa conceptual no es una tarea simple. Precisamente debido a que tiene la capacidad de expresar la estructura mental del autor del mapa, en relación a un determinado contenido, obliga a este a hacerse consciente de dicha estructura mental y esa no es una tarea simple ni automática. Además, como toda técnica, la elaboración de un mapa conceptual debe aprenderse.

Existen diferentes sistemas de aprendizaje.

- A) Completado de mapas con huecos. En este sistema, el aprendiz se encuentra con un mapa realizado por el instructor (profesor) en el que se han suprimido bien algunos conceptos, bien algunos nexos. Aunque es un modo de aprendizaje

adecuado (Nadal y Pérez, 2018) no debe extenderse más allá de los momentos iniciales de aprendizaje, ya que no favorece las destrezas asociadas al aprendizaje significativo (Lim, Lee y Grabowski, 2009).

- B) Realización de un mapa a partir de unos conceptos dados (Nadal y Pérez, 2018). En este caso, el aprendiz dispone de los conceptos que debe incluir en el mapa conceptual y es libre de distribuirlos y relacionarlos como considere oportuno. El aprendiz puede así centrarse en las propiedades básicas del mapa conceptual: estructura, relaciones y jerarquía.
- C) Realización de mapas sencillos (Novak y Gowin, 1984 p46 ss; Pérez, Suero y Pardo, 2018). En este sistema, el aprendiz debe realizar el proceso completo aunque limitando el número de conceptos que se incluirán en el mapa conceptual.

En todas ellas es fundamental una labor inicial de motivación del alumnado, para que comprenda la utilidad de los mapas conceptuales.

Una vez que el aprendiz controla la elaboración de mapas conceptuales, el proceso a seguir en la realización de un mapa conceptual es básicamente el que se indica a continuación (Antúnez, Neves de Menezes y Milhomem, 2013; Ibarra, Villanueva y Flores, 2014; González, 2018):

- A) Identificación de los conceptos del tema del mapa conceptual. Si se especifica, la selección debe estar guiada por la pregunta de enfoque. Esta labor puede hacerse individualmente o en grupo.
- B) Jerarquización de los conceptos seleccionados.
- C) Determinación de las palabras de enlace entre conceptos. Puede hacerse entre pares de conceptos hasta que todos los conceptos seleccionados anteriormente formen parte de, al menos, una proposición (formada por dos conceptos y un nexos).
- D) Elaboración de la estructura del mapa conceptual. Esta fase puede realizarse más cómodamente con cualquiera de los múltiples programas informáticos que existen para la elaboración de mapas conceptuales (CMapTools, Inspiration, SmartDraw, VisiMap...).
- E) Búsqueda de ejemplos si es posible.
- F) Búsqueda de relaciones horizontales o cruzadas.
- G) Revisión del mapa, bien en grupo o bien ayudado por un experto.

Como se ha mencionado anteriormente, uno de los aspectos controvertidos sobre los mapas conceptuales es el referente a la jerarquía. Ya en *Aprendiendo a aprender*, Novak y Gowin (1984) insisten en la importancia de la jerarquía en los mapas conceptuales “Puesto que se produce más fácilmente un aprendizaje significativo cuando los nuevos conceptos o significados conceptuales se engloban bajo otros conceptos más amplios, más inclusivos, los mapas conceptuales deben ser jerárquicos; es decir, los conceptos más generales e inclusivos deben situarse en la parte superior del mapa y los conceptos progresivamente más específicos y menos inclusivos, en la inferior”. Sin embargo, son numerosos los autores que consideran que, de un modo u otro, la importancia de la jerarquía puede relajarse para alcanzar una mejora en el aprendizaje significativo. Åhlbeg y Vuokko (2004) proponen construir el mapa desde el centro hacia afuera, entendiéndolo como una pirámide. Silveira, Soares y Santovito (2008), en su investigación con estudiantes de Ciencias Biológicas, proponen desmitificar la jerarquía para hacer los mapas conceptuales más semejantes a diagramas de flujo. Safayeni, Derbentseva y Cañas (2008) por su parte, propone la creación de mapas cíclicos con el objetivo de establecer relaciones dinámicas entre los conceptos. Desde nuestro punto de vista, considerar la jerarquía relativa de unos conceptos frente a otros tiene un valor intrínseco, resultando positivo el hecho de que el alumno pueda representar en el mapa conceptual qué conceptos son más generales que otros.

Aunque el mapa conceptual propuesto por Novak es bidimensional, actualmente se puede hablar de mapas tridimensionales (Pérez et al. 2000), por ejemplo, Solano, Pérez y Suero (2004) o Gil, Suero y Pérez (2004) proponen mapas en tres dimensiones, donde esta dimensión extra expresa diferentes niveles de concreción en el tema tratado.

Actualmente, los programas informáticos de elaboración de mapas conceptuales permiten la inclusión de referencias a páginas web, imágenes y vídeos en estos.

Quizás la virtud más destacable de la realización de mapas conceptuales es instar al autor del mapa a hacerse consciente de las relaciones entre los diferentes conceptos indicados en el mapa, si esta tarea se realiza correctamente, el propio proceso de elaboración del mapa conceptual ayuda al aprendizaje significativo, a la vez que lo explicita. Como aspecto negativo, la confección de un mapa conceptual supone un considerable esfuerzo, manifestado en un trabajo mental intenso y en un gasto considerable de tiempo de elaboración.

Ahora bien, en la práctica diaria, se detectan casos de mala praxis tanto por parte del profesorado como del alumnado. En los primeros, en ocasiones, se presupone que el alumnado ya conoce cómo realizar un mapa conceptual y no realiza la formación y motivación suficientes para que realicen provechosamente dicha tarea. Para los segundos, la elaboración de un mapa conceptual puede no ser más que una de las variadas tareas que se realizan a lo largo del curso, tarea que, además, supone una gran cantidad de tiempo y esfuerzo, por ello es tentador realizarla de modo superficial, convirtiendo el mapa conceptual en un diagrama, con una cierta “estética” donde verter los contenidos de los apuntes o libros de texto a modo de esquema, sin la reflexión necesaria para su correcta elaboración. De este modo, tal y como se indicó en el capítulo anterior, es posible que realizar un mapa conceptual no suponga la mejora del aprendizaje significativo y, de hecho, el mapa conceptual elaborado no tenga significado alguno para el alumno (Moreira, 2010).

3.2. Aplicaciones de los mapas conceptuales

La utilidad de los mapas conceptuales actualmente está fuera de toda duda y los campos y situaciones en los que se aplican son de lo más variado. Basta con ojear las comunicaciones de las Internacional Concept Mapping Conference (cmc.ihmc.us), de las que ya se han realizado ocho ediciones bianuales, para convencerse del dinamismo que tiene esta técnica.

Puede verse una revisión de la literatura en Marques, Moreira y Cabral da Costa (2012), donde se muestra que en las Internacional Concept Mapping Conference realizadas hasta 2010 los usos más reseñados han sido la realización de mapas conceptuales como estrategia didáctica y como método de evaluación continua. Además, los mapas conceptuales han mostrado su versatilidad en la detección de preconcepciones, en la mejora de la resolución de problemas, como apoyo para el aprendizaje de lectura comprensiva, para la preparación de trabajos escritos u orales o para la elaboración del currículo, entre otras. Todo esto en cualquier nivel educativo, desde Educación Infantil hasta posdoctorado; y en cualquier ámbito: Administración, Artes plásticas, Lengua, Aprendizaje de idiomas, Educación Física, Ciencias...

El uso de los mapas conceptuales como estrategia didáctica tiene diferentes vertientes que es conveniente que se trabajen simultáneamente. Como se ha explicado en el capítulo 1, la base del aprendizaje significativo es lo que el alumno ya sabe. Los mapas conceptuales

son una herramienta útil para la detección de conocimientos previos de los alumnos y preconcepciones (Soares, Conceição y Correia, 2018; Guruceaga y González 2011; Moreira, 2010), que puedan tener antes de la instrucción. Una vez realizada esta detección previa, los mapas conceptuales se muestran útiles en otras tres vertientes. Primero como guía de aprendizaje (Edmonson, 1995; Ramírez de M. y Sanabria, 2004), presentando a los alumnos un mapa conceptual que presente un determinado tema y que servirá como referencia para el resto de actividades de enseñanza y aprendizaje que se realizarán. Es necesario indicar aquí, que el orden lógico del mapa conceptual no debe coincidir necesariamente con la secuenciación de contenidos de los diferentes conceptos que se enseñarán; por ejemplo, para enseñar la segunda ley de Newton, es necesario conocer previamente los conceptos, masa y aceleración, que se pueden encontrar en un nivel inferior en un mapa conceptual, por ejemplo, que las propias leyes de Newton. Segundo, como herramienta de intercambio de negociación y en relación directa con la tercera vertiente que es la evaluación. La elaboración y presentación de un mapa conceptual por los alumnos en un momento cualquiera de la instrucción puede permitir que los profesores y alumnos cambien, presenten o negocien sus puntos de vista sobre la validez de una determinada relación proposicional, o bien reconocer la falta de relaciones entre conceptos lo que sugiere la necesidad de un nuevo aprendizaje (Novak y Gowin, 1984; Moreira, Soares y Paulo, 2008) y así ajustar el proceso de enseñanza y aprendizaje para alcanzar un mejor conocimiento del tema tratado. Si en la exposición del mapa el profesor detecta la ausencia de algún concepto importante o una proposición errónea, puede indicárselo al alumno y este reconsiderar lo aprendido, así mismo, el profesor podrá diseñar nuevas actividades que busquen el afianzamiento de los conceptos ausentes o errados para los alumnos.

Además de lo comentado en el párrafo anterior, los mapas conceptuales se emplean también como herramienta de aprendizaje en la lectura comprensiva (Novak y Gowin, 1984; Toro y Buitrago, 2018). Una carencia en la capacidad de comprensión lectora lastrará sin duda al alumno y le dificultará en la tarea de conseguir un aprendizaje significativo de diferentes materias.

Por otra parte, y en el ámbito de las ciencias, los mapas conceptuales también se emplean para la mejora en el rendimiento en la resolución de problemas (González et al, 2008; Soto, 2004; Olachea, 2018), una de las dificultades más importantes con las que se encuentran los alumnos que cursan materias científicas.

3.3. Elaboración colaborativa de mapas conceptuales

Con la finalidad de conseguir que el alumnado aprenda significativamente, en los dos capítulos precedentes se han mencionado dos herramientas, el aprendizaje colaborativo y la elaboración de mapas conceptuales. Con las evidencias existentes de que ambas técnicas promueven el aprendizaje significativo, es coherente intentar combinarlas para aumentar la eficiencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Entre las comunicaciones presentadas en la tercera Conferencia sobre Mapas Conceptuales (Concept Mapping: Connecting Educators) celebrada en Tallinn y Helsinki en 2008, hay varias que muestran trabajos realizados en pro de verificar los beneficios de trabajar con grupos colaborativos elaborando mapas conceptuales. Aquilino y Venditti (2008) muestran una experiencia realizada con alumnos de primer año de Primaria (6 años) de realización de mapas conceptuales (pictóricos) en un ambiente de trabajo colaborativo. Pérez Rodríguez et al. (2006) reportan la elaboración personal de mapas conceptuales referidos a la luz y corregidos y mejorados colaborativamente. Fiz Poveda e Iriarte Zabalo (2008) reportan una experiencia en la que alumnos expertos en la elaboración de mapas ayudan a un novato en dicha tarea. Como resultado obtienen mejores mapas conceptuales que los obtenidos individualmente, beneficiando no sólo a los aprendices novatos sino también a los expertos, ya que al solicitar que verbalicen lo que saben, deben estructurar cognitivamente las informaciones que tienen que transmitir. También para alumnos de Primaria, Iraizoz Sanzol y González García (2008) trabajan en grupos los mapas conceptuales elaborados individualmente por los alumnos sobre cargas eléctricas. Destacan que los grupos que mejor se organizaron fueron los que realizaron mapas con mayor calidad. En la creación de un modelo de conocimiento por alumnos de magisterio empleando tanto mapas conceptuales como V de Gowin, San Martín Echeverría, Albisu García y González García (2008) concluyen que así se favorecen habilidades importantes en situación de aprendizaje, como el trabajo en grupo, la generación de sinergias y empatías entre miembros del grupo y las comunicaciones tanto oral como escrita.

Existen, sin embargo, dificultades inherentes, aunque superables, al empleo de ambas técnicas conjuntamente (Roger Acuña, López Aymes y Gabino Campos, 2012). Tanto la elaboración de un mapa conceptual como el trabajo colaborativo requieren de habilidades cognitivas, personales y sociales por parte de los alumnos. Una falta de dominio en

algunas de estas habilidades puede suponer un impedimento para que algunos alumnos consigan los objetivos propuestos. De hecho, será necesario que previamente se instruya a los alumnos tanto en la elaboración de mapas conceptuales como en el trabajo colaborativo. Por otra parte, y a favor del uso de ambas técnicas, está el argumento de que la reflexión y discusión en los grupos para la elaboración de los mapas conceptuales y la negociación de significados (Moreira, 2010) debe mejorar la calidad y hacerlos más completos que los realizados sin trabajo colaborativo Tirado y Peralta (2018).

En todo caso, los trabajos que apoyan la hipótesis en defensa de la eficacia en la elaboración de mapas conceptuales en grupos colaborativos crecen paulatinamente (Du et al. 2010; Bixler et al. 2015; Martín Salinas y Cid Galán, 2016; Roger Acuña et al. 2016; Torre et al. 2017; Yu, Wu y Su, 2017) en los distintos niveles educativos y para diferentes ámbitos de conocimiento.

3.4. Evaluación con mapas conceptuales

Como ya se comentó en el primer capítulo, según los principios de la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel, ampliamente aceptados, los estudiantes necesitan realizar un esfuerzo para construir su propia estructura mental y asegurarse un aprendizaje significativo. Dentro de este esquema, el uso de mapas conceptuales es una herramienta de evaluación útil para optimizar el proceso de enseñanza y aprendizaje (Novak y Gowin, 1984; Pérez et al. 2006a; Pérez et al. 2006b). Su utilidad se basa en que proveen una representación visual de la jerarquía y relaciones entre los diferentes conceptos que posee el individuo en su estructura mental, facilitando así el proceso de creación del conocimiento en cualquier disciplina (Novak, 1993). Por ejemplo, respecto a la evaluación inicial, comenzar la organización del proceso de enseñanza-aprendizaje con mapas conceptuales ayuda a identificar eficazmente preconcepciones (Yin et al. 2005) que los alumnos, o profesores, pudiesen tener y que pueden ser difíciles de desenmascarar con los métodos tradicionales (Novak, 2002).

Hay varias ventajas en el uso de mapas conceptuales para la evaluación del nivel de comprensión en el aprendizaje de los alumnos. Por una parte, la construcción de mapas conceptuales requiere que los alumnos posean una comprensión precisa de los contenidos y los expresen explícitamente. Por otra, la elaboración de mapas conceptuales no solo evalúa la identificación de conceptos aislados, sino que también verifica la organización y relaciones entre los conceptos. Además, el proceso de creación del mapa conceptual

facilita a los alumnos conformar una visión sistemática y holística de los conceptos aprendidos (Liu, 2013).

Así, el uso de mapas conceptuales como herramienta de evaluación no es nuevo. Ya en 1984, Novak y Gowin (1988) proponen una serie de criterios de clasificación y valoración de los mapas conceptuales que pueden servir como criterios de evaluación de los mismos. En primer lugar consideran la relación correcta entre los conceptos, (C). Además valoran la especificación de la relación jerárquica que debe mostrar el mapa, considerando que cada concepto subordinado es más específico que el superior a él (H). Como criterio para verificar la calidad del mapa, está la existencia de relaciones cruzadas válidas entre los conceptos del mismo nivel de jerarquía del mapa, (CP). Estas relaciones cruzadas son especialmente indicativas de la capacidad de comprensión o creatividad de quien ha elaborado el mapa. Por último, se consideran los ejemplos válidos (E). Con estos criterios, la valoración final de un mapa conceptual sería $C + 5 H + 10 CP + E$.

Con base en estos argumentos, numerosos autores han verificado que el uso de mapas conceptuales como instrumento de evaluación es válido empleando diferentes criterios. De Freitas et al. (2013) Brandstädter, Harms y Grobscheldl (2012) y Antunes, Neves de Menezes y Milhomem Cruz (2013) han considerado solo el número de conceptos válidos relacionados y la inclusión de nexos correctos. Krummenauer y Cabral (2009), para alumnos de grado de ciencias de la salud realizaron el análisis de los mapas conceptuales con un mayor número de criterios: cantidad, calidad y significatividad de los conceptos, niveles de jerarquía, número de interrelaciones, nexos de enlace y proposiciones con significado lógico, la estructura del mapa y la creatividad que muestra. Puede leerse una revisión bibliográfica en Marques Toigo, Moreira y Cabral (2012).

Las evaluaciones realizadas con mapas conceptuales pueden clasificarse en general en dos tipos. El primero valora el mapa conceptual en relación al elaborado previamente por un experto de la materia. Aunque con este criterio se pierde en objetividad respecto a la valoración del mapa, gana en certeza de que las relaciones establecidas son las correctas. Por otro lado, otros autores (Costamagna, 2001), cuantifican según los criterios mencionados anteriormente, asignando puntuaciones objetivas, por ejemplo, número de niveles jerárquicos, número de conceptos válidos, etc... según esto, la valoración es más objetiva, aunque se corre el riesgo de incoherencia en el conjunto del mapa.

Como veremos con un ejemplo en el capítulo 9, la valoración seguida por Novak, no permite una comparación objetiva entre mapas conceptuales, es decir, un mapa con mayor puntuación no es mejor que otro mapa con menor puntuación.

En resumen, es innegable la capacidad de los mapas conceptuales de colaborar en la evaluación de los alumnos y del propio currículo, aunque resulta más complicada la evaluación cuantitativa y objetiva de los alumnos mediante mapas conceptuales.

Capítulo 4: V de Gowin

Comenzábamos el capítulo 1 resaltando que la capacidad de aprendizaje del ser humano tiene mucho que ver con la adaptación al mundo en el que vive y con su habilidad para comprenderlo y manipularlo. Podríamos decir que todo conocimiento tiene una doble vertiente, una puramente conceptual, que vendría representada por el modelo mental del sujeto, y otra operacional en la que estos conocimientos son aplicados. Evidentemente, existe una relación directa entre la aplicación de los conocimientos adquiridos y la significatividad de estos, ya que, como indicamos en el capítulo 1, los conocimientos adquiridos significativamente permiten la incorporación de nuevos conocimientos a la estructura mental del aprendiz. En el capítulo anterior se explicó que la elaboración de mapas conceptuales puede ayudar al aprendiz a explicitar las relaciones entre los conceptos que debe aprender y facilitar así el establecimiento de relaciones entre los nuevos conceptos y los ya existentes en su estructura mental, promoviendo el aprendizaje significativo.

En este capítulo se presenta un instrumento diseñado por Bob Gowin (1981) para ayudar a los estudiantes y profesores a captar el significado y la estructura de los contenidos que se pretenden aprender. Este instrumento, o herramienta conceptual, se denomina V (o UVE) heurística o V de Gowin y se puede definir como “Un instrumento cuyo propósito es aprender a aprender (y a pensar). Se trata de un diagrama en forma de V, en el que se representa de manera visual la estructura del conocimiento” (Guardián Soto y Ballester Balmori, 2011). La forma como tal es de importancia secundaria, aunque sirve para distinguir los diversos elementos epistemológicos fundamentales que intervienen en la construcción de nuevos conocimientos o de nuevos significados. Como su nombre indica se trata de un recurso heurístico, es decir, sirve para ayudar a resolver un problema o para entender un procedimiento (González García, 2008).

Como puede verse en la figura 4 (Novak y Gowin, 1988), el lado izquierdo de dicha V representa el dominio conceptual (son los elementos epistemológicos que aportamos al estudio), mientras que el derecho representa el dominio metodológico o procedimental (los pasos que damos en el proceso de aprender). En el vértice de la V se reflejan los acontecimientos que pueden llevar a responder las preguntas clave que constituyen el objeto del estudio y que orientan la relación mutua entre los elementos en el desarrollo de la investigación. La transferencia de conocimiento desde una rama hasta la otra, se hace

posible gracias a la adecuada formulación de las preguntas centrales. Propuestas por Novak y Gowin (1988) son cinco preguntas que guían la reflexión sobre la investigación que se realiza (en el Anexo 1 puede verse un ejemplo de V de Gowin referido al estudio realizado):

- 1.- ¿Cuál es la cuestión focal, la pregunta determinante de la investigación?
- 2.- ¿Cuáles son los conceptos clave?
- 3.- ¿Qué métodos de investigación se usan para responder a la cuestión focal?
- 4.- ¿Cuál es el conocimiento que se pretende alcanzar?
- 5.- ¿Qué juicios de valor se pueden obtener de la investigación?



Figura 4. V de Gowin (Novak y Gowin 1988)

Así, el objetivo de la V de Gowin es considerar las relaciones existentes entre ambos campos evitando la mera memorización tanto del campo conceptual como del procedimental. En otras palabras, “La UVE ayuda a “desempaquetar” en forma imaginaria, un determinado cuerpo de conocimientos y a analizar cada uno de sus

distintos componentes epistemológicos, para luego reestructurarlos y reconstruirlos desde una nueva perspectiva, lo que permite obtener un cuerpo de conocimientos más amplio y evolucionado” (Chrobak y Prieto, 2010).

En el proceso de respuesta a las preguntas planteadas, se recorre la V por ambos dominios (conceptual y metodológico), explicitándolos y facilitando su interrelación práctica. Aunque no existe un modo único de recorrer la V: es posible recorrer primero un lado conceptual de la V y luego el metodológico; o se puede ir pasando alternativamente de uno a otro lado (Escudero y Moreira, 1999), comenzando por los registros, o por la filosofía o las teorías. Es obvio que cada alumno recorrerá la V según su propio estilo de aprendizaje, siendo múltiples los recorridos válidos, aunque también lo es que no todos estos conllevan la misma eficacia en el proceso de aprendizaje.

Cabe destacar que, como se observa en la parte superior del dominio metodológico de la V, la producción de conocimiento no se concluye con la obtención de unos determinados resultados, sino que el proceso se extiende hasta las afirmaciones de valor, que pueden motivar la reformulación de conceptos y teorías, comenzándose de nuevo el proceso, al modo de los planteamientos clásicos de la metodología científica.

Según Gowin (1983), este recurso heurístico ayuda a los investigadores y alumnos a identificar las cuestiones focales de un estudio de investigación, una prueba de laboratorio o la descripción de una experiencia. Además de esto, son numerosas las aplicaciones de la V de Gowin en experiencias de aula, revelándose como una herramienta útil para alumnos y profesores que ha sido contrastada en multitud de estudios y en ámbitos diversos: desde la preparación de las prácticas de laboratorio hasta su uso como herramienta motivadora de la creatividad; desde la educación Primaria hasta para elaborar tesis doctorales (López Ríos, Veit y Solano Araujo, 2010; Chrobak y Prieto, 2010; Rodríguez Palmero y Rodríguez Palmero, 1998; Guardián Soto, et al. 2010; Mendioroz Lacambra y Guardián Soto, 2017).

Esta versatilidad es posible, entre otros motivos, por la adaptabilidad de la V de Gowin a los diferentes contextos en los que se emplea, en ocasiones modificando alguno de sus elementos (Calvacanti da Silva et al. 2013), en ocasiones combinándola con otras herramientas conceptuales. Así, no son pocos los trabajos que, buscando una mejora en el aprendizaje significativo, combinan la V de Gowin con los mapas conceptuales.

Gil y Tobaja (2018) muestran una mejora en la actitud de los alumnos de ingeniería ante la asignatura de Física 2 y en los resultados de las pruebas de evaluación realizadas, trabajando los contenidos conceptuales con mapas conceptuales y los problemas con la V de Gowin.

Campos Mendonça, Regina Cordeiro y Bossolani Kiill (2014), en la disciplina de Química Inorgánica, realiza algunas modificaciones en los campos de la V de Gowin, entre otros sustituyendo el de “conceptos” por un mapa conceptual. Los resultados indican que la combinación detecta fallos conceptuales en los alumnos y puede emplearse como herramienta de evaluación. De un modo similar trabajan Guardián Soto y González García (2008) con estudiantes de ingeniería de computadores.

Escudero y Moreira (1999) han analizado diversas estrategias de resolución de problemas basándose en el heurístico V de Gowin. Uno de los resultados de este estudio es que muchos de los alumnos realizan la denominada V ciega, en la que los alumnos no pasan por la rama conceptual de la V de Gowin, haciéndose por ello muy complicado el aprendizaje significativo. Aunque también se puede dar la situación contraria, como la planteada por Da Silveira, Moreira y Axt (1992) que sugiere que el conocer el dominio conceptual no es suficiente para convertir al alumno en buen solucionador de problemas. En otros estudios se muestra que dicha herramienta, utilizada por los alumnos, supone una mejoría en la actitud hacia la resolución de problemas de física y en un análisis más profundo y significativo de éstos (Escudero 1995, Gil y Solano, 2011; Gil y Tobaja, 2018).

4.1. Resolución de problemas

Así, si se considera que “un problema es una situación, cuantitativa o no, de la que se pide una solución, para la cual los individuos no conocen medios o caminos evidentes para obtenerla” (Krulik y Rudnik, 1980), la resolución de problemas por parte de los alumnos involucra una serie de competencias de pensamiento lógico, analítico, crítico y creativo, que muestran si el aprendizaje realmente ha sido o no significativo. Dicho de otro modo, si el alumno ha comprendido adecuadamente los conceptos teóricos debería poder enfrentarse exitosamente a los problemas planteados, del mismo modo que resolviendo problemas afianza y comprende con más profundidad los conceptos teóricos.

Por ello, una porción significativa del tiempo que se emplea en las aulas en las asignaturas de ciencias se dedica a la resolución de ejercicios y problemas. Así, en la asignatura de física, es una de las actividades irrenunciables a juicio de la mayor parte de los docentes. No obstante, múltiples estudios constatan que la preparación de los alumnos en dicha habilidad es, en general, deficiente tanto en las etapas de secundaria como en las universitarias (Oñorbe de Torre y Sánchez Jiménez, 1996; Brincones et al. 2011), de modo que el profesorado puede detectar con frecuencia que los alumnos tienen dificultad en enlazar los contenidos teóricos con los procedimentales, pareciendo que se encuentran en campos mentales diferenciados. Los alumnos que tienen al aprendizaje memorístico suelen establecer una dicotomía entre los contenidos teóricos y los procedimientos necesarios para la resolución de problemas, de modo que ante problemas semejantes pero con diferente enunciado se encuentran perdidos.

No puede decirse que la comunidad científica se haya cruzado de brazos ante estas dificultades (Guisasola et al. 2004). Las soluciones propuestas para aumentar el grado de resolución de problemas de ciencias en general y de física en particular, tanto en la etapa universitaria como en las preuniversitarias, han sido variadas (Benegas, 2007; Borges, Borges y Vaz, 2005; Benegas, Pérez de Landazábal y Otero, 2010): enseñanza de algoritmos, aprendizaje activo, enseñanza mediante expertos, investigación orientada, resolución de problemas abiertos, uso de mapas conceptuales y de la V de Gowin...

En resumen, a pesar del esfuerzo y tiempo dedicados en las aulas a dicha tarea y del esfuerzo investigador realizado, con aportaciones innovadoras y eficaces, la resolución de problemas en las asignaturas de ciencias todavía supone un reto importante para los alumnos que la mayoría no logra superar.

Por parte de los alumnos, muchas pueden ser las causas de este fracaso, entre otras (Oñorbe de Torre y Sánchez Jiménez, 1996) las siguientes:

- Carencias en habilidades de comprensión lectora.
- Desconocimiento de los principios físicos relativos al problema.
- Deficiente manejo de las herramientas matemáticas necesarias para la resolución.
- Falta de estrategias en la búsqueda y/o planteamiento de alternativas de resolución.
- Análisis de la situación planteada incorrecta o deficiente.

La respuesta de los alumnos ante la dificultad intrínseca de los problemas es variada; unos los afrontan y terminan superando las dificultades; otros encuentran estrategias que les permiten resolverlos, aunque no siempre alcanzando un aprendizaje significativo (aplicando recetas); y los hay que no saben cómo empezar y simplemente buscan una fórmula adecuada o bien se limitan a esperar la resolución del profesor. Esto último puede hacer caer a los alumnos en la conocida actitud de “reconocer o abandonar” el problema. En todo caso, se hace necesaria la implementación de métodos que permitan incrementar el número de alumnos que se hacen hábiles para superar los problemas planteados.

II. Parte experimental

Con el objetivo genérico de mejorar la enseñanza de la física en diferentes situaciones, en esta segunda parte de este trabajo se muestra la aplicación de las herramientas pedagógicas presentadas en la parte teórica a diferentes situaciones de aula. Los tres siguientes capítulos muestran diferentes usos de la técnica de jigsaw: para la elaboración de mapas conceptuales, en el laboratorio y para mejorar la eficiencia en la resolución de problemas. El capítulo 8 presenta una adaptación de la V de Gowin para la resolución de problemas de física en enseñanza secundaria y se concluye esta parte con una propuesta de evaluación sumativa objetiva mediante mapas conceptuales.

Las experiencias de aula se han realizado con grupos naturales de alumnos de Bachillerato del Colegio Salesiano de Mérida y de universitarios que cursan Física en el Centro Universitario de Mérida.

Capítulo 5: Jigsaw para la elaboración de mapas conceptuales

En los capítulos 2 y 3 se han mostrado los beneficios sobre el aprendizaje tanto de la elaboración de mapas conceptuales como del trabajo colaborativo. En el presente capítulo se describe una experiencia docente de metodología activa, como es el aprendizaje colaborativo en grupo, utilizando la técnica de jigsaw, mediante la elaboración de mapas conceptuales con el programa CMapTools, sobre los contenidos del tema de física nuclear (radiactividad), dentro del bloque de física moderna que aparece en el curriculum del último curso de Bachillerato que se encuentra publicada en *Problems of Education In the 21st Century* (Tobaja Márquez, Gil y Solano, 2017).

Es conocido que los alumnos del último curso de Bachillerato tradicionalmente encuentran dificultades en alcanzar un aprendizaje significativo en las materias de ciencias en general y la física en particular. Para mejorar esta situación se ha realizado esta investigación con las siguientes hipótesis de trabajo:

- a) El aprendizaje de los alumnos siguiendo una metodología de aprendizaje colaborativo y apoyándose en la realización de mapas conceptuales es superior al conseguido mediante el sistema tradicional.
- b) Este método favorecerá en los alumnos una actitud más positiva hacia la enseñanza de la asignatura.

5.1. Método

Con el fin de poner a prueba la hipótesis (a) se utilizó un diseño cuasi-experimental con medidas pretest y posttest. En la experiencia han participado 28 alumnos divididos en dos grupos naturales de 14 alumnos cada uno, con edades comprendidas entre 17 y 18 años durante el curso 2011-2012. Se ha trabajado con los contenidos referidos al tema de radiactividad, que aparece en el currículo de la asignatura de física. Dado que la materia de radiactividad no se encuentra presente en el currículo hasta 2º de Bachillerato, como pretest se ha tomado la nota media de las calificaciones obtenidas por los alumnos en la última evaluación realizada antes de comenzar la experiencia. Como medidas posttest se han utilizado los resultados de un cuestionario de 15 ítems (cinco de cada una de las tres partes en las que se ha dividido el tema) con cuatro respuestas posibles, de las que sólo una es correcta, elaborado por el profesor de la materia y pasado a ambos grupos una vez terminada la experiencia (Anexo 2). Por otro lado, la hipótesis (b) se ha puesto a prueba mediante un cuestionario de satisfacción de seis preguntas de respuesta abierta sobre la experiencia realizada. Tanto el cuestionario posttest como el de satisfacción se han completado una semana después de haber terminado el tema estudiado sin haber sido avisados previamente los alumnos de la realización de dicha prueba.

De los dos grupos que participaron en la experiencia se eligió como experimental el que tenía la puntuación media pretest más baja, de esta forma se adoptó la situación más desfavorable. Este grupo trabajó con la metodología de elaboración colaborativa de mapas conceptuales aplicando la técnica jigsaw y hay que señalar que de los 14 alumnos que empezaron la experiencia la completaron 12. El segundo grupo, trabajó la materia según el método tradicional y sirvió como grupo de control.

El trabajo con mapas conceptuales en esta experiencia tiene la doble finalidad de ser medio de trabajo para la comprensión conceptual del tema y de ser fin en sí mismo dadas las virtudes, ya comentadas, de estos para alcanzar un aprendizaje significativo. Durante el curso precedente a la experiencia y en el curso corriente a esta, los alumnos de ambos grupos habían sido instruidos en la elaboración de mapas conceptuales y en el uso del programa CMapTools, habiendo alcanzado ya una cierta destreza en el manejo de dicha herramienta metacognitiva.

La metodología desarrollada en este trabajo se fundamenta, además, en la técnica jigsaw, (Aronson y Patnoe, 1997) aplicada al estudio del tema de radiactividad y explicada en el

capítulo 2. Ésta técnica, que es muy simple de aplicar en materias como las ciencias sociales, humanidades, biología, etc., también puede aplicarse en las ciencias físicas, donde se han realizado estudios relacionados con el campo magnético (Tanel y Erol, 2008) y campo eléctrico (Sandoval y Mora, 2009), observándose ventajas con respecto a la metodología de enseñanza tradicional.

El tema seleccionado para el desarrollo de esta experiencia ha sido elegido por dos motivos:

- a) Los contenidos conceptuales de radiactividad no entran en el currículo de los cursos anteriores, por lo que es difícil que los alumnos tengan conocimientos previos; ello nos permite valorar el aprendizaje alcanzado con la experiencia como el conocimiento del alumno sobre el tema. Por otro lado, como ya se ha indicado, este hecho motivó la elección de las notas del curso como pretest en lugar de un cuestionario de conocimientos previos.
- b) El tema tiene una alta componente teórica que puede ser fácilmente dividida en varias fracciones autónomas adecuadas para la aplicación de la técnica de jigsaw.

Para este trabajo, el tema de radiactividad fue dividido en tres secciones (P1, P2, P3) de similar carga académica y dificultad, formándose cuatro grupos jigsaw (A, B, C, D) de tres alumnos cada uno. Para asegurar que los grupos fuesen heterogéneos, los alumnos se han distribuido en los grupos jigsaw atendiendo a su puntuación pretest, de forma que cada grupo estuviese formado por un alumno con nota alta, un alumno con nota media y un alumno con nota inferior a la media. La figura 5, que es una adaptación de la que aparece en otros trabajos (Maftei y Popescu, 2012), representa gráficamente la distribución de los grupos.

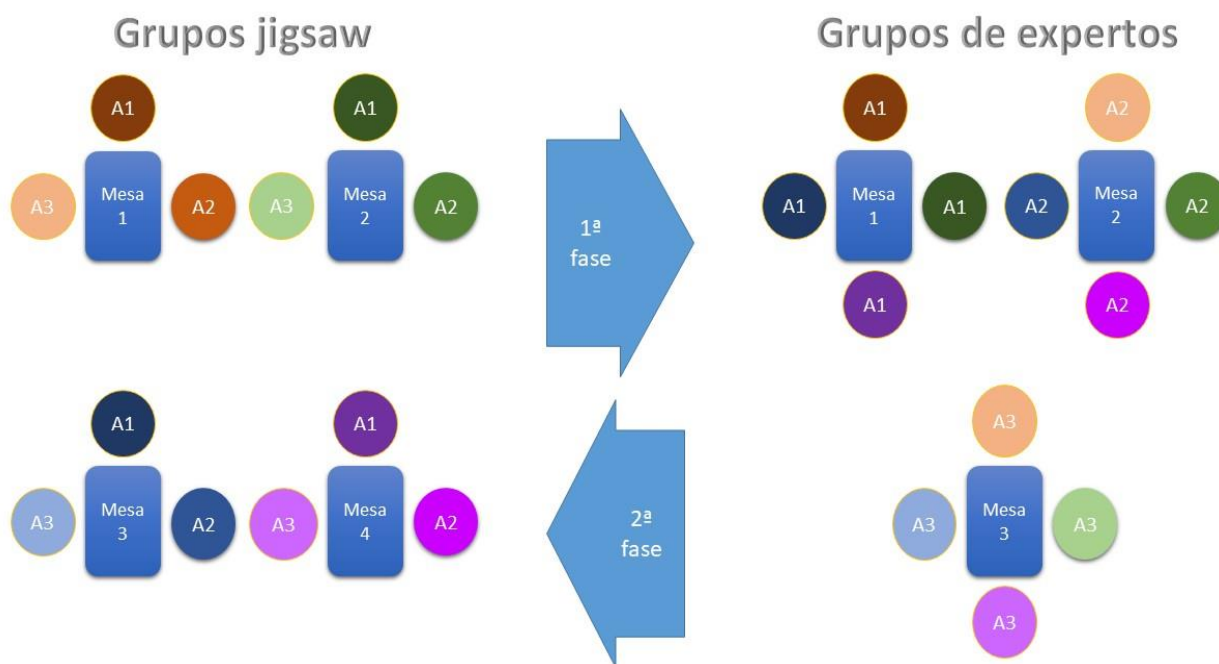


Figura 5. Organización de los grupos jigsaw y de expertos en la experiencia

La experiencia se desarrolló durante 5 sesiones como se describe a continuación:

Durante la sesión 1, el profesor distribuyó a los alumnos del grupo experimental en grupos jigsaw. A cada grupo se le facilitó el material con los contenidos del tema divididos en tres secciones, cada miembro del grupo eligió libremente una de las secciones. Pasados unos cinco minutos se establecieron los grupos de expertos (1, 2, 3) con la tarea inicial de seleccionar los conceptos más importantes de su parte del tema. El primer grupo de expertos trató una breve introducción histórica del descubrimiento de la radiactividad y del núcleo atómico además de las fuerzas, débil y fuerte, que actúan sobre este y de los conceptos de energía de enlace y defecto de masa. El segundo grupo también comenzó con la misma breve introducción histórica y después trabajó la ley de las desintegraciones radiactivas y el concepto de actividad, esta parte incluía las aplicaciones de la radiactividad (como el método de datación de C^{14}) y sus efectos biológicos. El último de los grupos de experto trató los diferentes tipos de emisiones radiactivas (α , β y γ) y sus correspondientes propiedades y leyes del desplazamiento; también comenzaba esta sección con la introducción histórica.

En las sesiones 2 y 3, los grupos de expertos se reunieron para estudiar su sección y realizar el mapa conceptual de ésta a partir de los conceptos consensuados previamente

por los integrantes del grupo. En las figura 6.a, 6.b y 6.c se muestran los mapas realizados por los grupos de expertos para cada una de las partes del tema.

El profesor, durante el transcurso de la clase, además de resolver las dudas que iban apareciendo sobre el tema, revisó la realización de los mapas y corrigió detalles de alguno de ellos.

Durante la sesión 4, los alumnos regresaron a su grupo jigsaw. Cada uno explicó la parte del tema que había trabajado al resto de componentes, apoyándose en el mapa conceptual de su grupo de expertos. A continuación, a partir de todos los mapas de expertos, el grupo jigsaw elaboró un mapa conceptual del tema completo. En la figura 7 se muestran los mapas elaborados por los grupos jigsaw.

Por último, en la sesión 5, se realizó en el aula la exposición del mapa conceptual de uno de los grupos jigsaw y se analizó y discutió por el resto de alumnos.

Por otra parte, el grupo de control trabajó el mismo tema según una metodología tradicional en otras 5 sesiones. Se finalizó el tema con la resolución de los mismos problemas sobre los contenidos del tema tratado, en ambos grupos, el experimental y el de control.

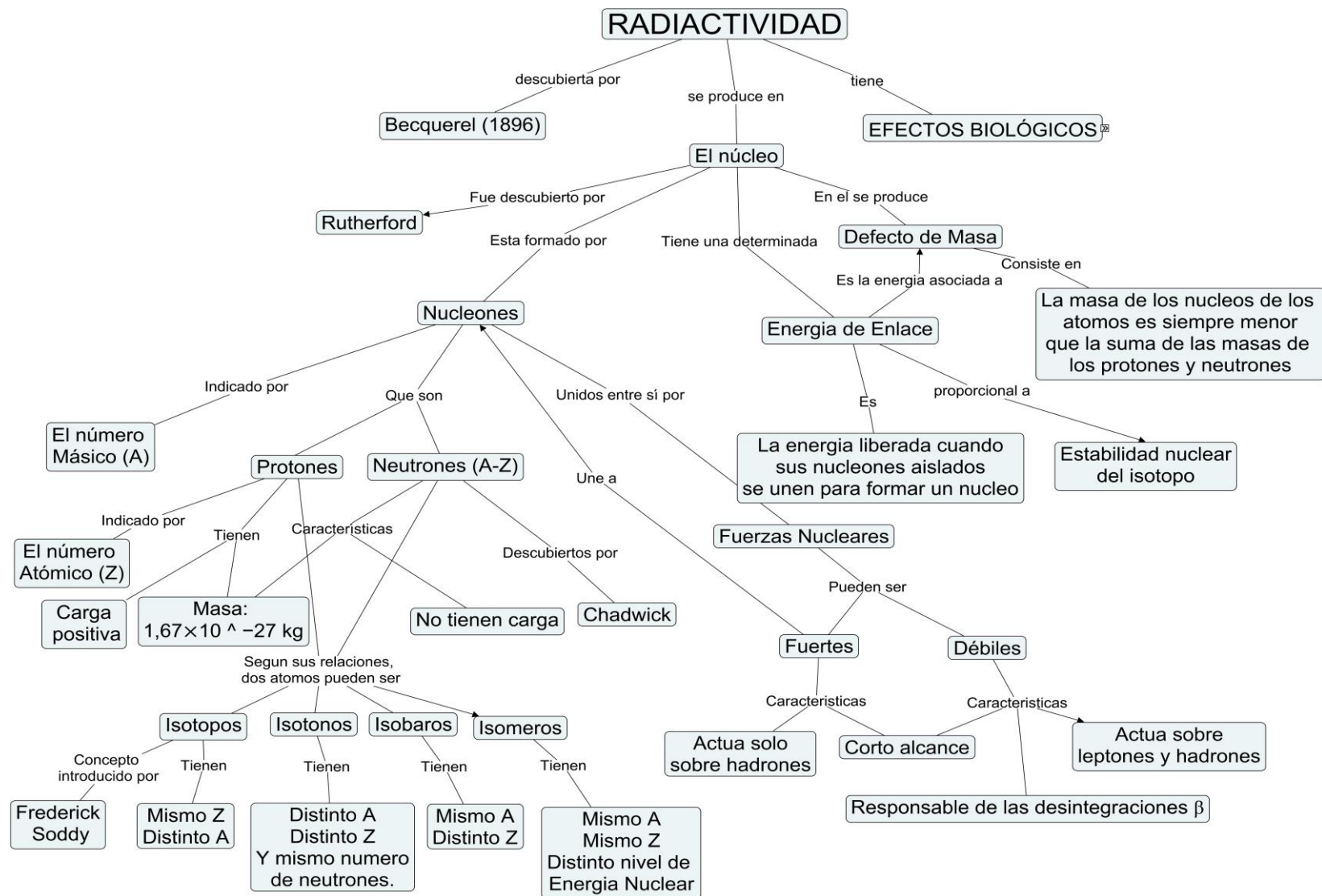


Figura 6 a. Mapa conceptual del grupo de expertos 1

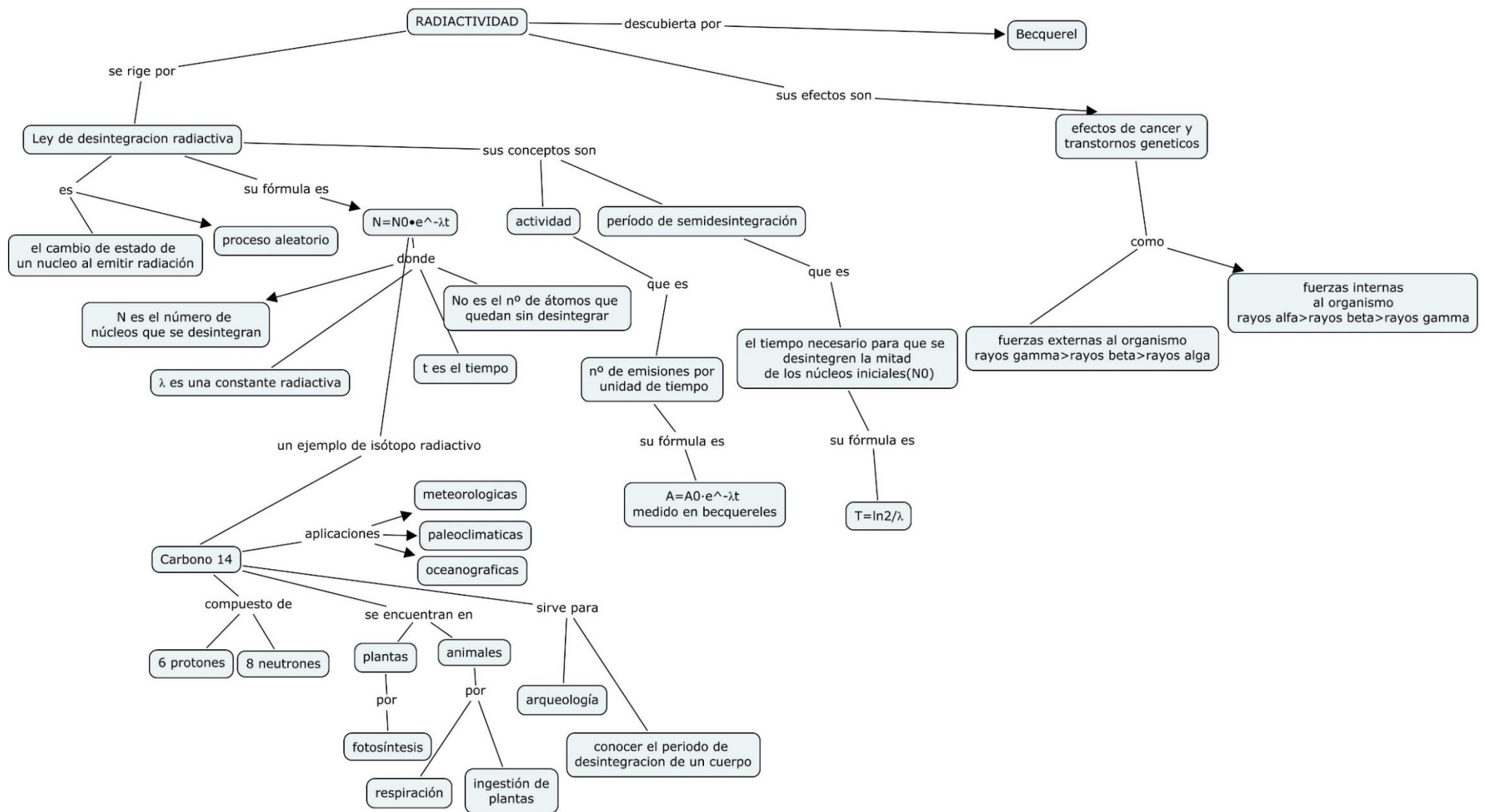


Figura 6 b. Mapa conceptual del grupo de expertos 2

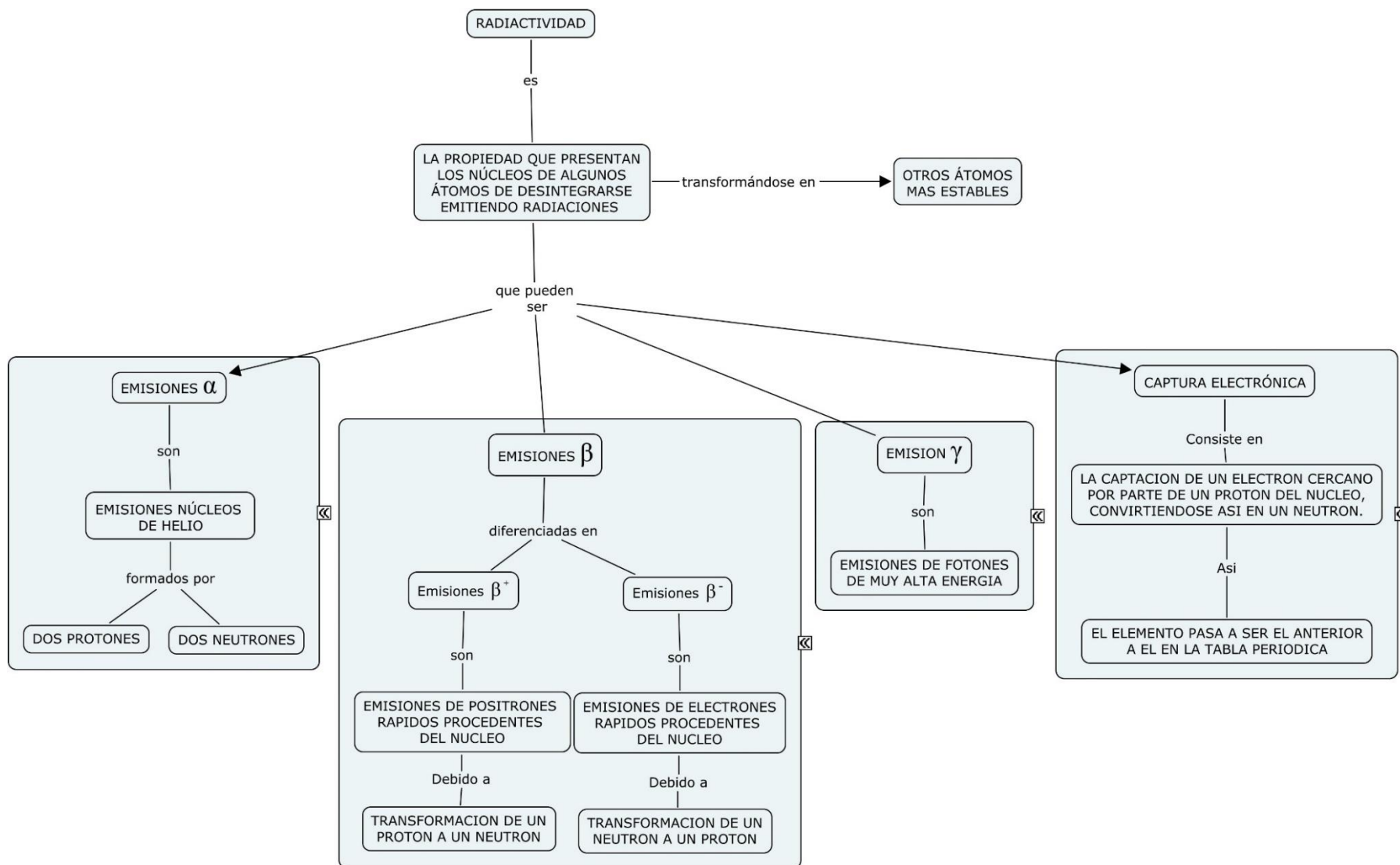
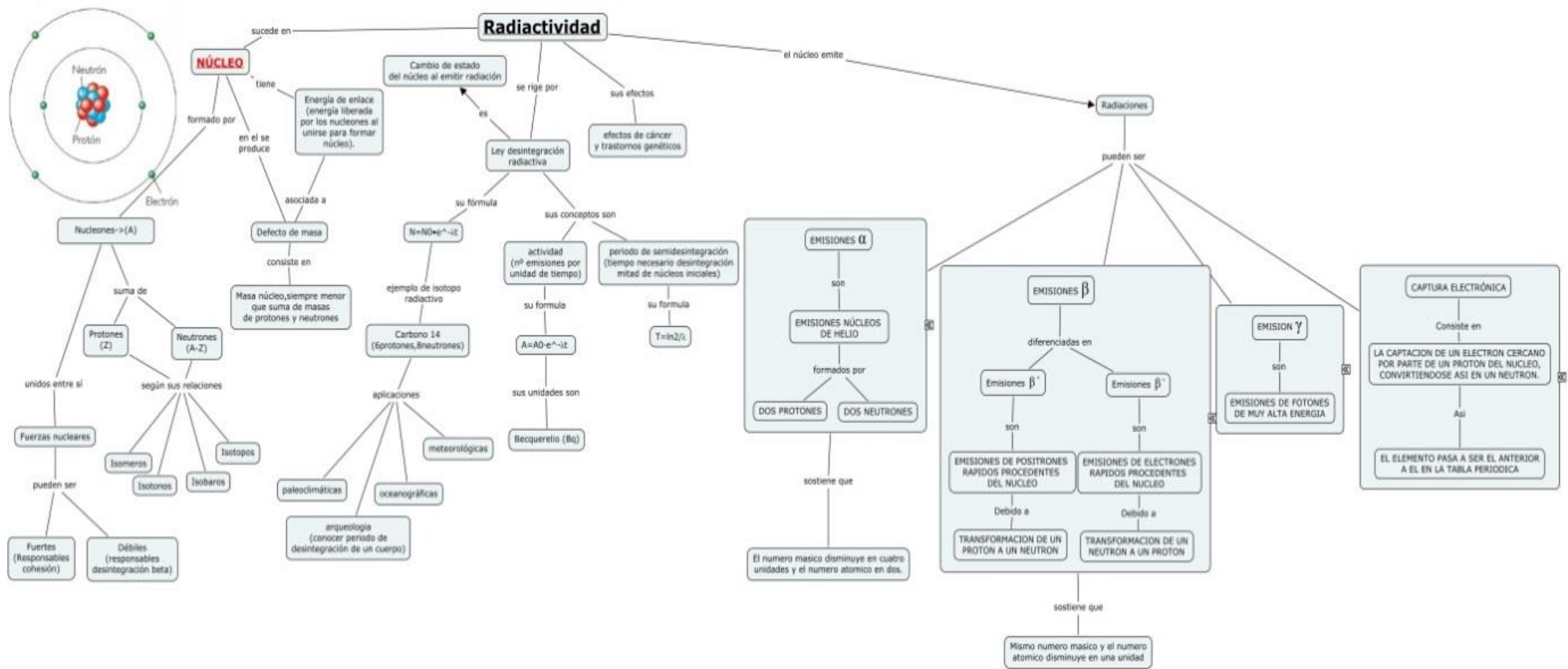
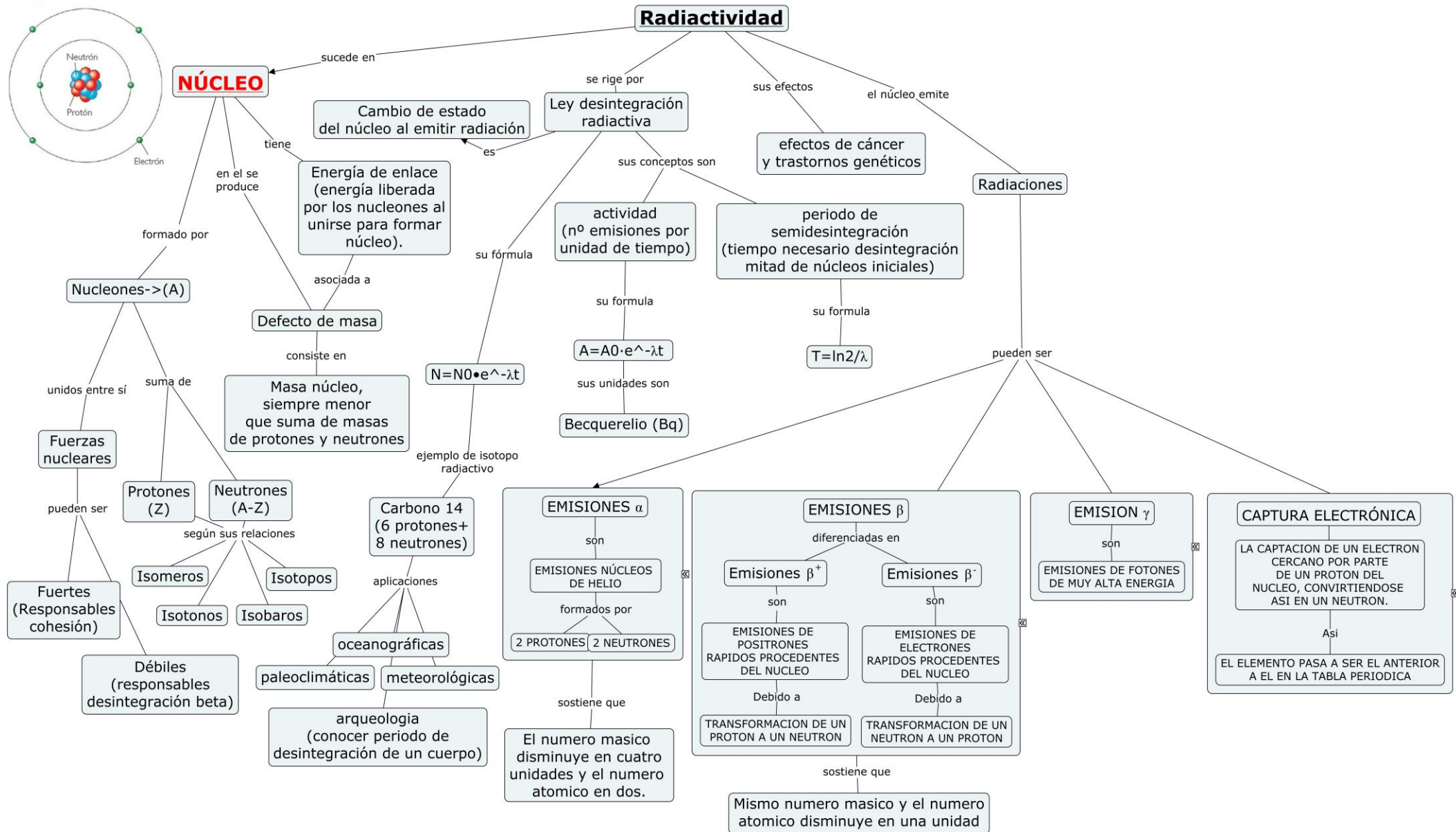


Figura 6 c. Mapa conceptual del grupo de expertos 3





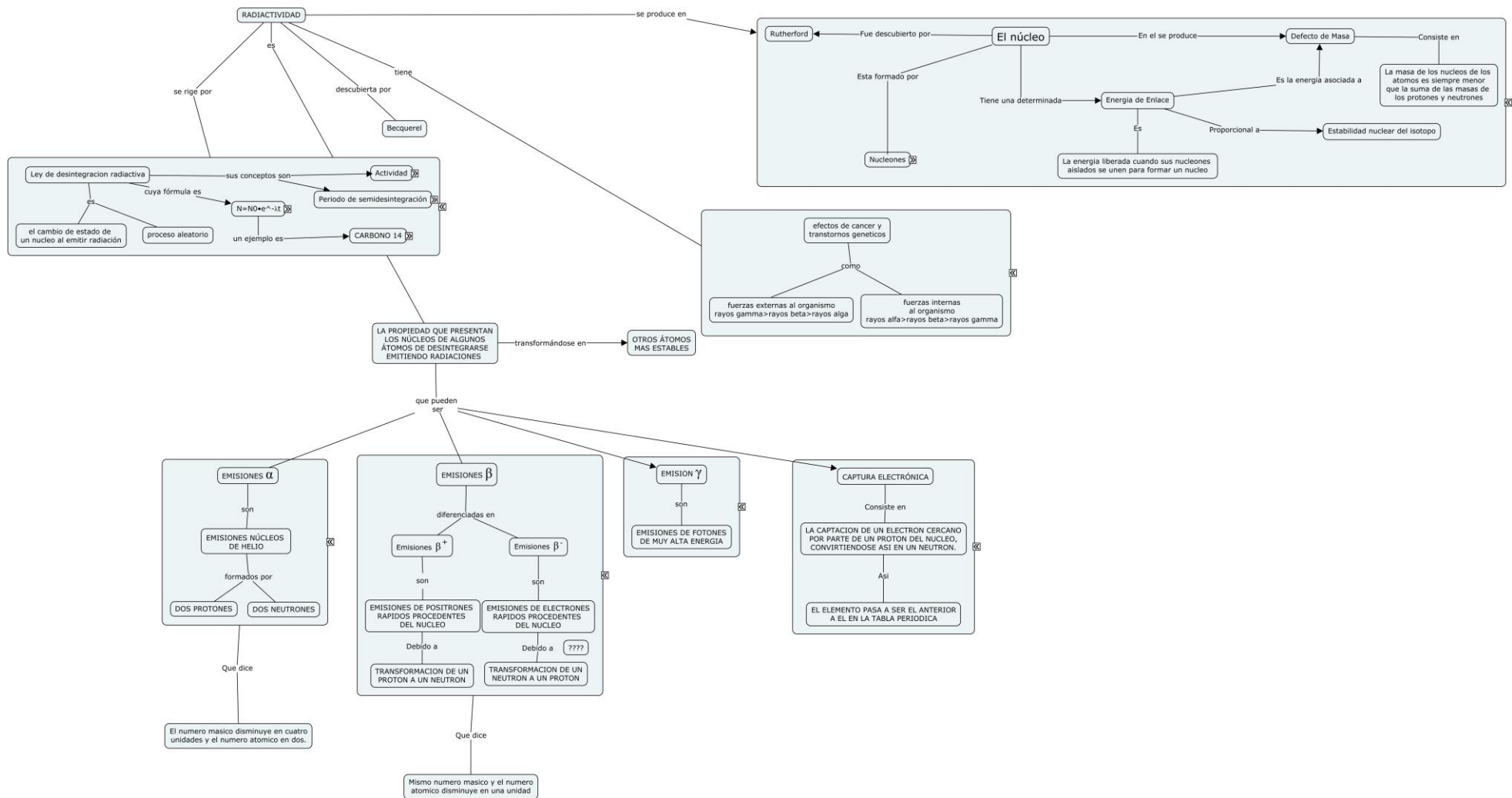


Figura 7. Mapas conceptuales de los grupos jigsaw.

5.2. Resultados

En lo referente a los mapas conceptuales realizados por los alumnos, éstos contienen gran cantidad de conceptos, en general relevantes, dispuestos en varios niveles jerárquicos (figura 6). Los alumnos del grupo experimental han trabajado a buen ritmo, realizando seriamente las tareas encomendadas, especialmente en los grupos de expertos. Los mapas realizados por los grupos jigsaw, una vez se han realizado los mapas conceptuales de cada sección en los grupos de expertos, adolecen de poseer pocas referencias cruzadas, siendo, en general, poco más que la superposición de los tres realizados en los grupos de expertos (figura 7).

Igualmente, los valores medios de los resultados obtenidos en el pretest y el postest para ambos grupos pueden observarse en la figura 8. Como ya se ha dicho anteriormente se eligió el caso más desfavorable como grupo experimental (media = 4,95). La prueba U de Mann-Whitney muestra que entre las distribuciones de valores pretest del grupo experimental y de control, no existen diferencia estadísticamente significativa ($p\text{-valor} = 0.597 > 0.05$), por lo que se pueden considerar ambos grupos como homogéneos al comenzar la experiencia. Según los resultados del postest, el grupo de control apenas sufre variación en el valor de su media (de 5.28 a 5.29), mientras que se observa una mejora en la media de los resultados para el grupo experimental (de 4.95 a 5.17), y un $p\text{-valor} = 0.835$ para la prueba U de Mann-Whitney muestra que las distribuciones postest para ambos grupos, se hacen más homogéneas.

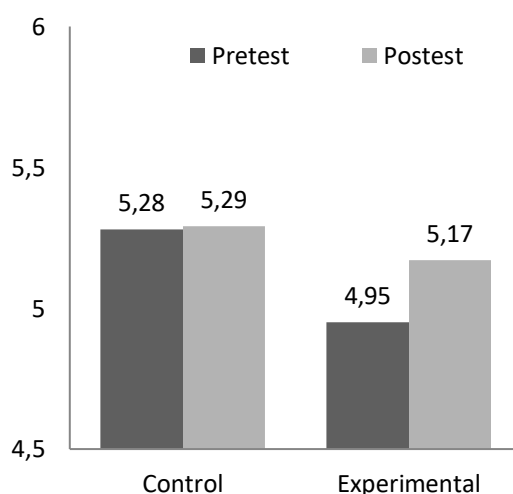


Figura 8. Resultados medios de los grupos jigsaw

Para valorar el grado de aprendizaje alcanzado por los alumnos, hemos calculado en cada grupo la ganancia media normalizada (G) propuesta por Hake (1998), mediante la expresión que aparece más abajo, siendo mayor para el grupo experimental (G = 4.4 %) que para el grupo de control donde la ganancia es prácticamente cero, como se observa en la tabla 1.

$$G = \frac{\overline{postest} - \overline{pretest}}{\overline{puntuación\ máxima} - \overline{pretest}}$$

Ganancias	
Grupo de control	Grupo experimental
0.076 %	4.44 %

Tabla 1. Ganancias

Por otro lado, se ha realizado una comparación entre los resultados obtenidos por cada alumno en el pretest y en el posttest mediante una prueba de correlación lineal y se ha obtenido un valor de coeficiente de correlación de Pearson $r = 0.431$ ($p = 0.707$) en el caso del grupo de control y de $r = 0.707$ ($p = 0.010$) para el grupo experimental. Esto significa que existe una correlación alta y estadísticamente significativa al nivel de 0.05% entre las calificaciones obtenidas por los alumnos del grupo experimental antes y después de haber realizado la actividad colaborativa cosa que no ocurre en el caso del grupo de control. Este resultado pone de manifiesto las bondades de la metodología descrita en esta experiencia, debido a que la prueba posttest no fue avisada previamente a los alumnos, lo que significa que los alumnos no realizaron una especial preparación de cara a dicho examen, es decir, el posttest mide los conocimientos alcanzados (y retenidos) fruto de la actividad realizada en clase, sin mediar sesiones extra de estudio por parte de los alumnos. Por otro lado, hay que recordar que los valores pretest son las calificaciones obtenidas por los alumnos en las evaluaciones tradicionales realizada antes de la experiencia, con la consecuente preparación previa a estas evaluaciones. Que haya correlación entre ambas distribuciones quiere decir que ha habido un aprendizaje más significativo en el caso del grupo experimental (con menor media pretest) y con menor esfuerzo, es decir los alumnos

que tenían buenos resultados en el caso del pretest las siguen obteniendo, pero sin la preparación específica y extra para dicha prueba, mientras que los alumnos del grupo de control siguen necesitando un estudio más personalizado del tema para que sus resultados sean concordantes con los resultados del pretest.

En el cuestionario de satisfacción de la actividad realizada (ver anexo 2), el 75% (9 de 12 alumnos que respondieron el cuestionario) consideró que la actividad era motivadora, valorándola la mitad de los alumnos como notable. Solo tres alumnos califican por debajo del cinco la actividad realizada. En cuanto a la actitud hacia el trabajo realizado por los grupos (expertos y jigsaw), ha sido en todos los casos positiva, considerando los alumnos que los grupos han funcionado correctamente, con independencia de las dificultades encontradas en la actividad (los propios alumnos consideran que el tema tratado tiene un nivel conceptual alto, que no tienen conocimientos previos, además de las dificultades en la realización del mapa conceptual y que tiempo ha sido escaso para la preparación del mapa...). Sin embargo, a la pregunta de si hubiesen preferido que el profesor explicase el tema de forma tradicional, hay unanimidad hacia la respuesta afirmativa, comentando algunos que la sección preparada en el grupo de experto la llevaban bien, pero no así la explicada por los compañeros. Cuestionados si consideraban haber aprendido lo suficiente con la tarea realizada, solo un tercio responde que sí. Comentaremos este aspecto, ligado a lo indicado en este apartado, en las conclusiones.

5.3. Conclusiones

Esta experiencia muestra que, con metodologías activas de aprendizaje y con la ayuda de herramientas didácticas como los mapas conceptuales, los alumnos son capaces de aprender un tema de modo autónomo mejorando su rendimiento. La actitud mostrada por los alumnos fue en todo momento muy positiva y los resultados de la encuesta de satisfacción así lo muestran, destacando la mayoría de los alumnos del grupo experimental que se han sentido motivados con la experiencia. Con las cautelas propias de un estudio como el realizado podemos confirmar la hipótesis (b) que suponía que el método favorecería una actitud más positiva en los alumnos hacia la asignatura.

Con respecto a la hipótesis (a), el aprendizaje siguiendo una metodología de aprendizaje colaborativo y realizando mapas conceptuales es superior al conseguido mediante el sistema tradicional, se observa que existe una mejora en el aprendizaje del grupo experimental. Aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre

los resultados del postest de ambos grupos, los valores de la ganancia G del grupo experimental (4,4 %) frente a prácticamente ganancia cero en el caso del grupo de control, nos hacen ser optimistas respecto a la eficacia de la técnica empleada. Además, existe una correlación alta y estadísticamente significativa entre las calificaciones pretest y posttest obtenidas por los alumnos del grupo experimental, lo que significa, teniendo en cuenta los criterios utilizados para la elección tanto del grupo experimental (el de menor media pretest) como para los valores pretest (resultado de la evaluación anterior al comienzo de la experiencia), que ha habido un aprendizaje más significativo y con menor esfuerzo individual por parte de los alumnos del grupo experimental.

Los mapas conceptuales realizados por los grupos jigsaw son bastantes completos, incluyendo la mayor parte de los conceptos principales del tema. A pesar de que en los mapas, inicialmente, no había muchos enlaces cruzados, algunos fueron explicitados por parte de los alumnos cuando se explicó el mapa conceptual completo en el aula, por lo cual se pone de manifiesto que la calidad de los mapas conceptuales elaborados en grupos mejora respecto a los realizados individualmente, en sintonía con los resultados obtenidos por Camilli, López y Barceló (2012) y con Iraizoz Sanzol y González García, (2008).

Las opiniones de los alumnos expresadas en el cuestionario acerca de si consideraban o no haber aprendido lo suficiente merecen especial atención. A pesar de que uno de los objetivos de la etapa es “aprender a aprender”, es decir, alcanzar autonomía en la construcción del conocimiento, en general, los alumnos todavía son bastantes heterónomos ante el aprendizaje de las asignaturas que componen el currículo. Este hecho, ligado a que cuando realizaron el cuestionario aún no disponían del resultado de la evaluación del tema, hace pensar que este es el motivo de que en los comentarios del cuestionario aparezcan un alto grado de inseguridad e incertidumbre ante la eficacia del método. Parece que los alumnos se sienten más seguros cuando el profesor les explica el tema, aunque esta actitud pasiva ante el aprendizaje conduzca a una merma en la capacidad de aprender significativamente por sí mismos, como aparece reflejado de los resultados obtenidos en la evaluación (postest) que, en general, no puede considerarse el aprendizaje alcanzado por el grupo experimental inferior al grupo de control; obteniendo el grupo experimental un grado de aprendizaje mayor valorado en la ganancia media normalizada G.

Por otra parte, se ha observado que, aunque los alumnos de tres de los grupos jigsaw han centrado la actividad en la explicación del tema entre ellos, el otro grupo empleó todo el

tiempo disponible en elaborar el mapa conceptual del tema completo, confundiendo así el fin con los medios.

Capítulo 6: Jigsaw en el laboratorio de física

Actualmente, los objetivos que se establecen en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias no se restringen a la adquisición de los contenidos puramente conceptuales, sino que se pretende también el aprendizaje, por parte del alumnado, de los procedimientos propios de las disciplinas científicas establecidos en el método científico. Esto ha supuesto un cambio curricular importante, basado en competencias disciplinares, que se sustenta en un modelo funcional de la enseñanza que pretende que los egresados de las universidades constituyan una sociedad más competitiva y adaptable a lo que la nueva era del conocimiento demanda (Real Decreto, 2007). Esta concepción de la enseñanza de las ciencias entronca con un acuerdo tácito existente en la mentalidad del profesorado que tradicionalmente ha considerado fundamental la realización de prácticas de laboratorio (Jaime y Escudero, 2011). Esta idea se basa en que las experiencias de laboratorio pueden ayudar a establecer vínculos entre la teoría y modelos y la experiencia (recordemos ambos lados de la V de Gowin del capítulo 4) reforzando la posibilidad de alcanzar un aprendizaje significativo, además de fomentar la curiosidad del alumnado y permitir centrarse en aspectos concretos más que sobre lo abstracto (Mordeglia y Mengascini, 2014).

Sin desestimar su importancia, en general, las dificultades asociadas al desarrollo de prácticas de laboratorio en la educación secundaria son significativas, debidas, fundamentalmente, al tiempo que es necesario invertir para dotar al alumnado de los conocimientos y habilidades experimentales básicos para desarrollar eficientemente el trabajo en el laboratorio (Romero Ariza y Quesada Armenteros, 2014), así como a otros factores como la falta de recursos materiales o de formación del profesorado (Mordeglia y Mengascini, 2014). Estas dificultades pueden paliarse, por ejemplo, con el uso de laboratorios virtuales (Fiad y Galarza, 2015; Fonseca et al. 2013; López, Carpeño y Arriaga, 2014; Álvarez y Ortiz, 2011), de teléfono o dispositivos móviles (Cuevas Vallejo, Villamizar Araque y Martínez Uribe, 2017; Molina-Coronell, Celin Mancera y Solano Mazo, 2017; Calderón, Núñez y Gil, 2009), sustituyendo las experiencias por vídeos (Vera et al. 2015; Cuesta y Benavente Fager, 2014) o simulaciones (Murello y Milotti, 2014).

En el ámbito universitario, el marco del EEES otorga a las prácticas de laboratorio un papel importante, en donde los estudiantes fortalecen la organización/gestión personal, el

desarrollo y el compromiso profesional, además de reforzar los conocimientos vinculados al mundo profesional (Johnston y Miles, 2004; De Miguel Díaz, 2005).

Existen diferentes planteamientos respecto a las estrategias que se pueden seguir en la realización de las prácticas de laboratorio. Dependiendo de los objetivos que se pretendan conseguir con las prácticas, estas adoptan un carácter u otro. Algunos autores consideran el laboratorio un ámbito único para el aprendizaje del método científico en su conjunto, planteándolas como actividades abiertas o problematizadas (Furió y Guisasola, 2001; Castro y Castro-Rodríguez, 2011; Carrascosa et al. 2006; Jaime y Escudero, 2011), en las que los alumnos deben tomar decisiones desde el propio diseño de las experiencias; o adoptando la forma de proyectos de investigación (Picqart, 2008). En otros casos, las prácticas de laboratorio vienen a reforzar los contenidos conceptuales con verificaciones experimentales de estos. En todo caso, Crujeiras Pérez y Jiménez Aleixandre (2015) ponen en evidencia que en actividades de laboratorio abiertas, el alumnado tiene dificultades en la identificación de conocimientos teóricos relevantes para la investigación que está realizando, así como para la elaboración de un diseño coherente de experiencias que puedan refutar las hipótesis establecidas.

La experiencia que se expone en el presente capítulo ha sido realizada con alumnos de primer año universitario que cursaban las prácticas de laboratorio de la asignatura de Física 2. Tradicionalmente, el trabajo de los alumnos en el laboratorio sigue la práctica docente consistente en la explicación por parte del profesor del dispositivo experimental que se empleará y de la entrega de un guion donde se detalla la metodología que se deberá seguir. Al finalizar las prácticas los alumnos deben entregar un informe, individual o grupal, con los resultados obtenidos.

Una de las dificultades asociadas a la realización de prácticas de laboratorio siguiendo un guion es que cabe la posibilidad de que los alumnos sean capaces de completar la práctica sin que se haya alcanzado un aprendizaje significativo de los contenidos teóricos y/o procedimentales que se pretenden conseguir. Por ello, se ha implementado la técnica de jigsaw descrita en el capítulo 2 para la realización de las prácticas de laboratorio. El fin buscado es que una mayor implicación de los alumnos en la preparación de las prácticas redunde en un mejor aprendizaje significativo, dado que, como se ha indicado en el capítulo 2, las investigaciones muestran que los estudiantes participan en una mayor tasa de interacción con sus compañeros cuando se utilizan técnicas de aprendizaje colaborativo. La realización de las prácticas debe ser una tarea bastante autónoma, donde

todos los alumnos colaboren en su ejecución, aunque este método es poco estimulante para algunos estudiantes, tal vez, porque no todos los alumnos tienen la oportunidad de participar activamente en la realización de la práctica. Normalmente hay un alumno que se erige como líder del grupo y los demás se dejan llevar. Esto no puede ocurrir con la técnica jigsaw, ya que como se ha descrito anteriormente, cada uno de los componentes del grupo jigsaw será experto en una de las prácticas a realizar.

En la experiencia han participado 49 alumnos que se encontraban cursando la asignatura Física 2 en el primer curso del Grado en Geomática y Topografía y del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos de la Universidad de Extremadura, durante el segundo semestre del curso 2011-2012. La realización de las prácticas de Laboratorio es un requisito indispensable para aprobar la asignatura.

La hipótesis de trabajo que ha motivado la investigación realizada ha sido:

a) El aprendizaje de los alumnos siguiendo una metodología de aprendizaje colaborativo basado en la técnica jigsaw, aplicada a las prácticas de laboratorio, es superior a la conseguida mediante el sistema tradicional.

A continuación se explica el método empleado y los resultados obtenidos, que han sido publicados en Journal of Science Education (Gil, Solano y Tobaja, 2014)

6.1. Método

La metodología desarrollada en este trabajo se ha aplicado en las sesiones dedicadas a la realización de 4 prácticas de laboratorio de la asignatura Física 2 del segundo semestre del primer curso del Grado en Geomática y Topografía y Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos de la Universidad de Extremadura.

Estas prácticas tienen asignadas un total de 10 horas distribuidas en 5 sesiones de 2 horas cada una. Durante el desarrollo de cada práctica los alumnos, organizados en pequeños grupos de trabajo de 2 a 4 alumnos, han de realizar distintos montajes siguiendo las indicaciones del guion de la práctica, y obteniendo medidas experimentales que corroboren los conocimientos teóricos proporcionados en el aula. A su vez estos pequeños grupos se reagrupan hasta un máximo de 16 individuos en cada una de las sesiones de laboratorio. En este caso los 49 alumnos que han participado en esta experiencia estaban divididos en 4 grupos naturales de 8, 11, 14 y 16 alumnos. Se eligió como experimental el grupo formado por 16 alumnos porque así lo requiere la aplicación de la técnica jigsaw,

los otros tres grupos trabajaron según el método tradicional y sirvieron como grupos de control.

El profesor elabora para cada práctica un guion que los alumnos utilizan como ayuda para la realización de las mismas. En estos guiones, enumerados de Práctica1 a Práctica4, se explicita, por un lado, el título, los objetivos y el material de laboratorio necesario para montar la práctica, por otro lado, la forma de operar para poder conseguir los objetivos, y para terminar, a modo de evaluación, se le plantea una serie de preguntas relacionadas con todos los contenidos de la práctica, cuyas respuestas serán corregidas por el profesor.

Los alumnos que trabajaron de la forma tradicional siguieron los pasos que se describen a continuación:

En la 1ª sesión, el profesor les explica minuciosamente en el laboratorio cada una de las 4 prácticas que tendrán que realizar, se forman los pequeños grupos de trabajo de forma que haya tantos grupos de trabajo como número de prácticas que realizar. Durante esta sesión los alumnos pueden ver y manipular el material que utilizarán para montar las prácticas y preguntar las dudas que les surjan.

De la 2ª a la 5ª sesión, los alumnos en sus grupos de trabajo realizaran, de forma rotativa, las 4 prácticas asignadas, elaborando para cada una un informe donde se recogen los resultados obtenidos de sus mediciones y las respuestas a las tareas planteadas.

La metodología experimental consistió en lo siguiente:

En la 1ª sesión, el profesor divide a los alumnos en grupos de trabajo formados por 4 alumnos, igual al número de prácticas que hay que realizar. Estos grupos son los grupos jigsaw (ver figura 5 en el capítulo 5). A cada miembro de estos grupos se le asigna un guion de la práctica (P1, P2, P3, P4) en la cual debe “especializarse”. A continuación los estudiantes se reagrupan en función del número de la práctica que le ha sido asignada, formando los grupos de expertos, para realizar el montaje de la práctica en cuestión y durante el desarrollo de la misma plantear las dudas que surjan e intentar resolverlas, ya que serán los expertos en dicha práctica en sus respectivos grupos jigsaw.

De la 2ª a la 5ª sesión los miembros del grupo jigsaw se reúnen y de forma rotativa realizan las 4 prácticas, de esta forma en cada sesión habrá un componente del grupo que será experto en la práctica correspondiente y que podrá guiar al resto del grupo en el desarrollo

de la misma. Al finalizar cada sesión, cada grupo jigsaw elabora un informe donde recogen los resultados de sus mediciones y las respuestas a las tareas planteadas.

Al finalizar las 5 sesiones se pasó a todos los alumnos que han formado parte en esta experiencia, una prueba sobre los contenidos de las prácticas. Esta prueba consiste en un cuestionario objetivo y cerrado, formado por 20 ítems con cuatro respuestas posibles, de las que sólo una es correcta.

Con el fin de poner a prueba la hipótesis de trabajo se utilizó un diseño cuasi-experimental con medidas de pretest y postest. Como pretest se han utilizado las notas de las calificaciones obtenidas en la evaluación habitual de las prácticas de la asignatura Física 1, que los alumnos habían cursado durante el primer semestre del mismo curso y durante las cuales todos los grupos trabajaron de la forma tradicional. Estas puntuaciones, que van a servir para comprobar si son homogéneos los grupos de partida, proceden por un lado, de una prueba oral individual (evaluación individual) y por otro lado, de la corrección de los informes elaborados por cada grupo de trabajo en cuestión (evaluación grupal). Esta evaluación fue llevada a cabo por el profesor encargado de la asignatura Física 1 y que no ha participado en esta experiencia. Como medidas postest se han utilizado los resultados procedentes del cuestionario cumplimentado (Anexo 3) de forma individual por cada alumno (evaluación individual) y de la corrección de los informes elaborados por cada grupo jigsaw en cuestión (evaluación grupal).

En ambos casos, la evaluación grupal asignará a todos los miembros del grupo la misma calificación, aunque su implicación en el trabajo de grupo y el grado de competencias adquiridas haya sido distinta.

En este trabajo, se compara tanto la evaluación individual de las competencias adquiridas en las prácticas de laboratorio mediante un cuestionario como la evaluación grupal, por separado, así como la combinación de ambos modos de evaluación (evaluación combinada), ya que ésta es la mejor manera de discernir el esfuerzo individual realizado por cada alumno, su contribución dentro del grupo y el nivel de contenidos aprendidos al realizar la práctica.

6.2. Resultados

A continuación, se describen los resultados del análisis estadístico de los datos obtenidos para las distintas pruebas ya mencionadas, realizados con el programa IBM SPSS Statistics 19. Los datos obtenidos se han dividido en dos grupos: grupo experimental, son

los resultados obtenidos por los alumnos que siguieron la metodología jigsaw, y grupo de control, son los resultados obtenidos por los alumnos que trabajaron de forma tradicional.

La tabla 1 muestra las medias de los resultados correspondientes al pretest y en la tabla 2 aparecen los resultados posttest. La sexta columna de ambas tablas, evaluación combinada, se refiere a la media de la suma de los resultados de los dos métodos de evaluación en cada caso.

En primer lugar, se han analizado todos los datos por método de evaluación y por grupos para decidir si las distintas poblaciones seguían una distribución normal para posteriormente decidir qué tipo de test, paramétrico o no paramétrico, debía de ser utilizado en la comparación de los datos antes y después de nuestra experiencia.

Pretest	Evaluación individual	Desviación típica	Evaluación grupal	Desviación típica	Evaluación combinada	Desviación típica
Grupo control	6.88	1.98	6.37	1.80	13.33	2.96
Grupo experimental	6.72	1.17	7.89	0.77	14.61	1.64

Tabla 2. Resultados pretest

Analizando los datos en el caso del pretest para la evaluación individual, se puede considerar que la población de la que partimos es homogénea, con un $p\text{-valor} = 0,279 > 0,05$ según la prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes. Comparando los resultados posttest de la evaluación individual, se puede observar que la nota más elevada pertenece al grupo experimental cosa que no ocurría en el caso del pretest, y además la desviación típica es más pequeña, lo que significa que todos los valores están más cerca de la media en el grupo experimental que en el grupo de control. Hay que añadir, sin embargo, que no existen diferencias significativas al nivel de significancia de 0,05 entre las distribuciones de las notas de evaluación individual para los dos grupos. Lo mismo ocurre en el caso de las notas medias de la evaluación grupal, es más alta y la desviación típica más baja en el caso de los alumnos que siguieron la metodología jigsaw. Aunque

en el pretest también era esta nota la más alta, hay que destacar que la diferencia entre ambos grupos es mayor en el postest, 2,02, que en el caso del pretest, 1,52.

Postest	Evaluación individual	Desviación típica	Evaluación grupal	Desviación típica	Evaluación combinada	Desviación típica
Grupo control	4.48	1.20	4.27	1.65	8.75	2.41
Grupo experimental	4.87	0.88	6.29	0.94	11.17	1.49

Tabla 3. Resultados postest

Con respecto a la evaluación combinada, hay que resaltar que, aunque en ambos casos el grupo experimental muestra una nota más alta antes y después de la experiencia, no existen diferencias significativas en la distribución de notas entre el grupo de control y el grupo experimental en el caso del pretest (p-valor= 0,189 en la prueba U de Mann-Whitney de muestras independiente), y sí hay diferencias significativas entre las medias del grupo de control y del grupo experimental (p-valor=0,001 en la prueba T de igualdad de medias) en el caso del postest.

6.3. Conclusiones

En este trabajo se ha puesto en práctica y se ha validado un método de aprendizaje colaborativo basado en la técnica jigsaw aplicado a las prácticas de laboratorio de una asignatura de física para ingenieros. El método experimental utilizado consigue que todos los alumnos se impliquen en la realización de las prácticas, evitando que algunos miembros del grupo se beneficien del trabajo de los otros miembros, sin ellos aportar nada, permite la autocorrección de los errores detectados, pudiéndose corregir en los grupos jigsaw las deficiencias detectadas durante el montaje por el grupo de experto correspondiente, y además, los alumnos tienen la idea de que trabajando menos “cantidad”, podrán alcanzar una "calificación" mejor.

En esta experiencia, además se han comparado los resultados obtenidos por el método de aprendizaje colaborativo basado en la técnica jigsaw con los del método tradicional de

aprendizaje, evaluando las prácticas de laboratorio desde tres perspectivas diferentes. Por un lado, se han valorado tanto las competencias en destrezas y habilidades personales como los valores y las actitudes necesarias para trabajar en equipo, a partir de los guiones elaborados por cada grupo de trabajo, evaluación grupal. Por otro, se han valorado los conocimientos adquiridos con una evaluación individual, a partir de un cuestionario y por último una combinación de ambos resultados. Con las cautelas propias de un estudio como el realizado, nuestras expectativas con relación a la hipótesis de trabajo se confirman, ya que en todos los casos los valores medios de las pruebas posttest de evaluación son más altos en el caso del grupo experimental que en el del grupo de control, habiendo diferencias significativas entre las medias de ambos grupos en el caso de la evaluación combinada. A la vista de los resultados esta experiencia muestra que, con metodologías activas de aprendizaje, los alumnos son capaces de aprender de modo autónomo mejorando las competencias que deben demostrar haber alcanzado una vez realizadas las prácticas de laboratorio en equipo, puesto que existe una mejora significativa de los resultados a favor del grupo que trabajó de forma cooperativa aplicando la técnica jigsaw.

Capítulo 7: Resolución de problemas usando la V de Gowin

En el capítulo 4 se presentaba una herramienta metacognitiva útil para la mejora del aprendizaje significativo, la V de Gowin. En el mismo capítulo se exponían las dificultades que los alumnos tienen en las asignaturas de ciencias para la resolución de problemas y lo que ello significa respecto al aprendizaje significativo de la materia.

Simplificando cuanto es posible, se puede acordar con Pino Batista y Ramírez Ramírez (2009) que los alumnos tienden a la inmediatez, intentando conseguir el resultado del problema cuanto antes, realizando una lectura del enunciado superficial y poco comprensiva y no conectando los contenidos aprendidos con los necesarios para la resolución del problema propuesto. Esta realidad contrasta con la ideal en la que el alumno debe activar sus conocimientos teóricos y procedimentales sobre el problema en cuestión para poder resolverlo. Dicho de otro modo, la capacidad de resolución de problemas es un indicador del nivel de aprendizaje significativo alcanzado por el alumno.

Los alumnos con más dificultades en la resolución de problemas generalmente ofrecen resistencia al empleo del dominio conceptual, utilizando estrategias que les permiten la resolución de los problemas planteados de un modo más mecánico; estrategias que a largo plazo suelen resultar un serio obstáculo cuando la dificultad conceptual de los problemas se incrementa.

Así, se hace conveniente para mejorar la resolución de problemas por parte de los alumnos, que se favorezcan las condiciones para que este realice una lectura comprensiva del mismo y sea capaz de conectar los conocimientos que posee, tanto conceptuales como procedimentales. Como ya se presentó en el capítulo 4, la V de Gowin es una herramienta que puede ser útil para conseguir ambos objetivos, dado que puede revelar los dominios implicados en la resolución de los problemas. Sin embargo, esta herramienta puede ser una técnica compleja para los alumnos de secundaria, por lo que es conveniente su adaptación al alumnado y al contexto en el que se pretende emplear (Guardián Soto, González García y Camacho Galván, 2008).

En el trabajo que se expone en el presente capítulo, publicado en la *Revista Brasileira de Ensino de Física* (Gil et al. 2013) se ha diseñado una plantilla basada en la V de Gowin simplificada y adaptada para la resolución de problemas, que pueda ser utilizada de forma sencilla, por alumnos de bachillerato o enseñanza superior en la resolución de problemas de física y se ha instruido a un grupo de alumnos en su uso.

Las hipótesis de trabajo que han motivado la investigación realizada han sido:

- a) La resolución de problemas de física utilizando la V de Gowin mejora la calidad de los aprendizajes de los alumnos
- b) El uso de la plantilla basada en la V de Gowin favorece en los alumnos una actitud más positiva hacia la resolución de problemas.

7.1. Plantilla de resolución de problemas basada en la V de Gowin

Como se explicó en el capítulo 4, la V de Gowin (ver figura 9) explicita la relación entre lo que se conoce (dominio conceptual) y los recursos necesarios para enfrentar la tarea planteada (dominio procedimental). Dado que una de las dificultades que encuentran los alumnos en la resolución de problemas es la mala identificación de los contenidos conceptuales necesarios para resolver los problemas, es razonable suponer que trabajar la V de Gowin puede ayudar a mejorar la eficacia en la resolución de problemas por el alumnado.

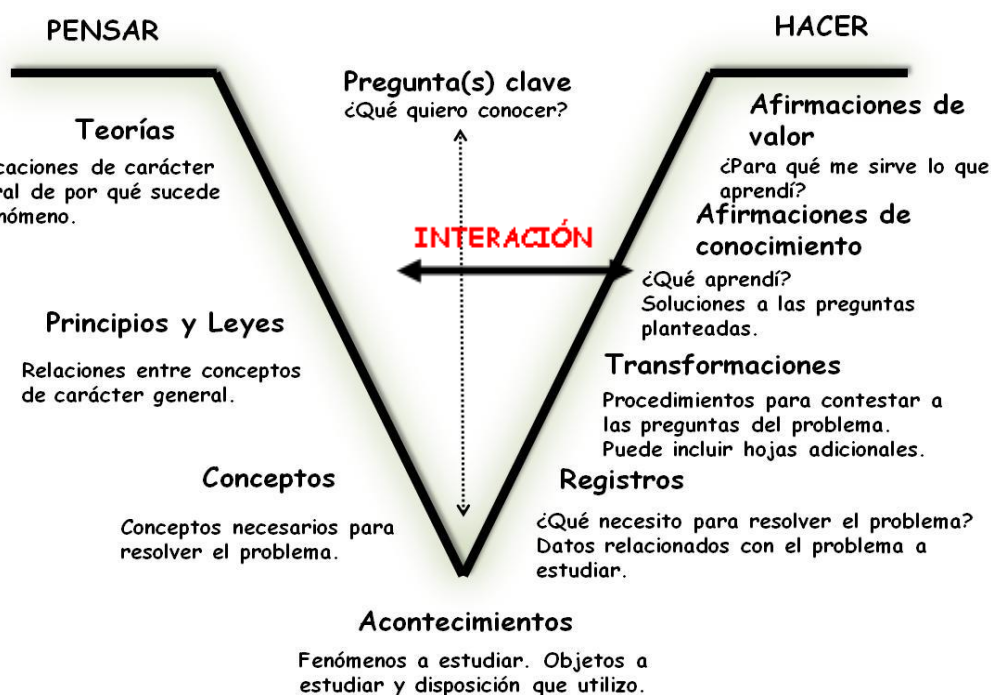


Figura 9. Diagrama V de Gowin simplificado. (Ayma Giraldo, 1996)

Por ello, la plantilla de resolución de problemas basada en la V de Gowin (PVG) que aquí se presenta (Figura 10), tiene como finalidad animar al alumno a pasar por el dominio conceptual en algún momento durante la resolución del problema. Se promueve así que los alumnos reflexionen sobre sus conocimientos conceptuales y procedimentales, así

como las relaciones que existen entre ambos, ayudándoles a hacerse conscientes de sus propios procesos mentales.

El uso de la PVG no asegura que el alumno realice el esfuerzo mental que se le requiere para comprender el problema planteado, mejorando su aprendizaje significativo, ya que es cierto que es posible que el alumno rellene mecánicamente o sin comprender plenamente todos los apartados de la plantilla, pero, al entregarla completada, al menos, ha debido explicitar los elementos referentes al dominio conceptual. Para evitar, en la medida de lo posible, este “mecanicismo”, el profesor deberá revisar el trabajo de los alumnos para asegurarse que la plantilla ha sido rellenada completamente y del modo adecuado.


0) Nombre:		Dpto. de CCNN 
0) Enunciado:		
1) Análisis inicial del problema:	4) Dibujos y gráficas:	6) Registros – datos:
2) Teorías, Principios o Leyes:		7) Transformaciones:
3) Conceptos:	5) Preguntas clave:	8) Resultados y afirmaciones de valor:

Figura 10. Plantilla basada en la V de Gowin.

En el diseño de la plantilla se ha procurado mantener la estructura de la V heurística y para ello se ha dividido en tres columnas, correspondiendo la de la izquierda al dominio conceptual y la de la derecha al metodológico mientras que la columna central se completará con las preguntas clave y las representaciones gráficas que sean necesarias.

Si bien la parte izquierda guarda el orden de la V de Gowin, en la derecha se han invertido los términos verticalmente (recordemos que este lado de la V tradicionalmente se completa de abajo hacia arriba), para que se rellene mejor por parte de los alumnos.

Los apartados de los que consta la plantilla son:

0) Nombre del alumno y enunciado del problema.

1) Análisis inicial. En este apartado se pide a los alumnos que, analizando el problema, prevean el comportamiento del sistema, los valores máximos y/o mínimos previsibles, posibles soluciones, soluciones imposibles... Este apartado es una innovación al esquema de la V de Gowin basada en estudios como los de Gil Pérez et al. (1988) o Becerra Labra, Gras Martí y Martínez Torregrosa (2010) para los que el análisis inicial de los problemas por los alumnos mejora su capacidad de resolución.

2) Teorías, principios o leyes: Se corresponde con los ítems del apartado conceptual de la V de Gowin. Se pide aquí a los alumnos que indiquen el ámbito al que pertenece el problema, la ley o principio con la que se planteará éste y las herramientas matemáticas que pueda necesitar para su resolución.

3) Conceptos: Los alumnos deben escribir aquí los conceptos (o fenómenos) involucrados en el problema.

4) Dibujos y gráficas: Representación gráfica del problema donde también pueden indicar los datos aportados por el enunciado. Por ejemplo, en el caso de los problemas de dinámica con los que se han enfrentado en el estudio presente, los alumnos tienen que dibujar el diagrama de cuerpo libre e indicar la dirección posible del movimiento del sistema.

5) Preguntas clave: Son las cuestiones que dirigen la resolución del problema.

6) Registros, datos: Se indican en este apartado los datos suministrados por el enunciado, las constantes que fuesen necesarias y se realizan los cambios de unidades que fuesen pertinentes. Tradicionalmente los datos son el punto de partida en la resolución de los problemas por parte de los alumnos (costumbre fomentada frecuentemente por el docente (Guisasola et al. 2004)) sin embargo, en el procedimiento de resolución que se ha propuesto a los alumnos se ha intentado que comiencen por el dominio conceptual, centrándose primero en todo lo necesario para clarificar el problema y así evitar la simple manipulación de ecuaciones y datos. Evidentemente, los alumnos pueden completar la

plantilla del modo que consideran conveniente, aunque se les ha insistido en que se haga en el orden marcado, secuencialmente desde el apartado 1) hasta el 8).

7) Transformaciones: Se plantea aquí el problema y se resuelve, aplicando los cálculos matemáticos necesarios.

8) Resultados y afirmaciones de valor: Son dos las ideas que pueden indicarse aquí. Por un lado indicar la respuesta al problema planteado y comprobar que la solución se corresponde con lo que se pedía en el apartado 5). Se anima a los alumnos a preguntarse si la respuesta es coherente con lo indicado en el apartado 1) y, en caso de no serlo, a revisar bien la respuesta, bien el análisis inicial. Por otro lado, se puede escribir cuanto hayan aprendido los alumnos de novedoso en la resolución del problema o las dificultades encontradas, así como el modo de superación de éstas.

7.2. Método

Esta experiencia se ha desarrollado a partir de un diseño cuasi-experimental con pretest, posttest, grupo de control y grupo experimental. Nuestra hipótesis principal es que la resolución de problemas de física utilizando la V de Gowin mejora la calidad de los aprendizajes de los alumnos. Para ello se ha utilizado la PVG, que se ha descrito anteriormente, aplicada a los contenidos de dinámica que aparecen en el curriculum oficial de la asignatura Física y Química de 1º de bachillerato.

Con el fin de valorar si los alumnos consiguen mejoras en la resolución de problemas utilizando la PVG, se ha realizado un estudio sobre la evolución en la resolución de problemas por parte de éstos, durante 11 semanas en el transcurso del curso 2010/2011, en el que han participado 43 alumnos repartidos en dos grupos naturales de 1º de bachillerato (16-17 años) de la modalidad de Ciencias y Tecnología que cursaban la asignatura de Física y Química

Para conocer el nivel base de los alumnos en dinámica, previamente a iniciarse el tema, realizaron a modo de pretest, una prueba de conocimientos previos sobre contenidos de dicha disciplina. Éste test que está formado por 16 ítems, todos originales, de respuesta cerrada única a elegir entre cuatro posibles, ha sido previamente validado (Tobaja et al. 2011), lo que ha permitido considerarlo como una prueba válida y fiable para medir el nivel de conocimientos previos que sobre contenidos de dinámica tienen los alumnos de 1º de bachillerato.

A lo largo de 18 sesiones, más otras dos dedicadas a exámenes, se ha impartido a todos los alumnos los contenidos de la asignatura sobre dinámica. El trabajo en el aula ha consistido en clases expositivas referentes al tema, trabajo individual y en pequeños grupos de alumnos y corrección en la pizarra de los problemas propuestos. Dos de las sesiones se dedicaron a la presentación y aplicación práctica del procedimiento de resolución de problemas mediante PVG. Posteriormente, como una actividad más de aula, se instó a los alumnos a que realizasen individualmente o en grupo al menos un ejercicio según dicho método.

A partir de este momento, los alumnos voluntariamente podían entregar al profesor, para su corrección, cualquiera de los problemas propuestos en el tema según la metodología basada en la PVG. Se estimuló a los alumnos valorando cada problema resuelto según la PVG en la nota de la materia. En el anexo 4 puede verse una plantilla completada por un alumno.

Alrededor de un mes después de que el tema hubiese concluido, y sin previo aviso, los alumnos realizaron una prueba que consistió en contestar un segundo cuestionario, a modo de postest, de 15 preguntas con estructura y contenidos similares al pretest, aunque no igual, para evitar el “efecto de aprendizaje”. En la misma prueba resolvieron, además, dos problemas de dinámica relacionados con los contenidos y ejercicios que se habían expuestos y resuelto en clase.

Paralelamente a la aplicación del método descrito se han corregido y valorado algunos de los problemas realizados por los alumnos, antes, durante y después de la presentación e instrucción en la PVG. Para ello se han tenido en cuenta ocho problemas, de los que seis son algunos de los que los alumnos han resultado en los exámenes propios del curso y los otros dos restantes en el postest ya mencionado.

Por otra parte, los alumnos no han sido advertidos en ningún momento de esta experiencia, con el fin de no influir en los resultados y de hecho, incluso después de la instrucción en la PVG no se les ha pedido que utilicen dicho esquema en las pruebas realizadas, aunque se siguió utilizando dicho método en las resoluciones de problemas realizadas en el aula, tanto en las explicaciones del profesor como en el trabajo de los alumnos.

Para valorar el método y la eficacia de la herramienta propuesta (PVG), se diseñó una rúbrica para evaluar los problemas realizados, pudiéndose obtener un máximo de 11

puntos en cada problema. En la rúbrica se tuvieron en cuenta los siguientes criterios, que han sido puntuados como cero o uno:

- 1) Escribe la ley o principio en el que se basa el problema. Este apartado se valora tanto si escribe la fórmula en la que se basa para la resolución del problema como si lo hace enunciando la ley.
- 2) Justifica el uso de la ley o principio. Se valora siempre que realice un razonamiento adecuado acerca de por qué ha empleado ese principio o ley, con independencia de que sea el correcto para resolver el problema. Este apartado y el anterior se refieren a la sección 2) de la PVG.
- 3) Realiza un dibujo explicativo. Se corresponde con el apartado 4) de la PVG.
- 4) Dibuja convenientemente los vectores. En algunos de los problemas valorados se hacía necesario el uso de vectores, bien para la representación de fuerzas, bien para la de velocidades.
- 5) Indica y usa el sistema de referencia elegido.
- 6) Escribe los datos del problema. Se acepta que lo hagan sobre el dibujo o en un espacio aparte. No se valora si proceden a cambiar las unidades o no. Se corresponde con el apartado 6) de la PVG.
- 7) Están todas las unidades y éstas son correctas. Se valora con cero si falta alguna unidad o es incorrecta.
- 8) Plantea el problema correctamente. Puntúa solo si el problema es planteado correctamente. Tiene correspondencia con el apartado 7) de la PVG.
- 9) Llega a un resultado coherente. Se valora independientemente de su corrección. Tiene como objetivo que los alumnos analicen el resultado obtenido y comprueben si muestra valores en desacuerdo con el enunciado del problema, por ejemplo, valores negativos para las tensiones o aceleraciones superiores a la de la gravedad en la caída libre de cuerpos.
- 10) El resultado es correcto.
- 11) Escribe la respuesta al problema. Se valora con independencia de que la respuesta dada sea o no la correcta. Incide en la necesidad de que los alumnos den respuesta a la cuestión planteada, no simplemente a la obtención de un resultado matemático. Se

corresponde con el apartado 8) de la PVG y sólo puntúa si se escribe explícitamente una frase indicando la respuesta al problema planteado.

Dado que el objetivo de esta experiencia de aula es facilitar un aprendizaje significativo sobre los contenidos de dinámica, que mejore la capacidad de resolver problemas, y sabiendo que los alumnos de este nivel suelen tener dificultades de cálculo, no se ha contabilizado directamente lo referente a las operaciones matemáticas.

7.3. Resultados

En esta experiencia han participado 43 alumnos de 1º de bachillerato, divididos en dos grupos, uno de control y otro experimental. El grupo experimental está formado por los 11 alumnos que en las tareas de clase y de forma voluntaria realizaron más de 3 problemas según la metodología propuesta usando la PVG. El grupo de control está formado por los 32 alumnos restantes que, aunque fueron instruidos en la metodología basada en la PVG, utilizaron la metodología habitual para resolver los problemas.

En la figura 4 se observa la diferencia entre las medias de las puntuaciones obtenidas por el grupo experimental y el grupo de control para cada uno de los problemas que se han valorado. Éstos deben considerarse agrupados cronológicamente en parejas: los problemas 1 y 2 (datos pre-problemas) se resolvieron en un examen antes del inicio en la instrucción de la PVG, los problemas 3 y 4 fueron resueltos por los alumnos poco después de presentada la PVG, sin que se hubiese completado el proceso de instrucción en la nueva herramienta y los problemas 5 y 6 (realizados con el postest y que constituyen los datos post-problemas) se plantearon y resolvieron después de finalizar el proceso de instrucción en el uso de la PVG, junto con el postest de conocimientos sobre dinámica. Por último, los dos problemas 7 y 8 fueron resueltos al final del curso en un examen ordinario.

En la tabla 4 se presentan los resultados obtenidos por los dos grupos, experimental y control, en las distintas pruebas que se han valorado en este trabajo.

En el análisis estadístico de los datos se ha obtenido que las distribuciones de resultados para el pretest y la prueba de pre-problemas pueden considerarse normales, mientras que en los casos del postest y la prueba de pos-problemas las distribuciones no son normales (Tabla 5), por lo que las comparaciones entre poblaciones se harán mediante pruebas

paramétricas y no paramétricas, respectivamente, con ayuda del paquete estadístico SPSS19.

	Grupo	Número de datos	Media	Desviación típica
pretest	Ctr	32	9.69	2.73
	Ex	11	9.00	2.83
pre-problemas	Ctr	31	7.79	3.98
	Ex	11	11.06	5.10
posttest	Ctr	31	6.74	2.26
	Ex	11	8.00	3.10
post-problemas	Ctr	25	13.04	5.49
	Ex	11	16.91	4.39

Tabla 4. Valores obtenidos en el pretest, posttest, pre-problemas y post-problemas.

Los análisis estadísticos de los resultados obtenidos en el cuestionario de conocimientos previos de dinámica (pretest) para ambos grupos muestran que, aunque el grupo de control tiene una media ligeramente superior al grupo experimental (Tabla 4), no existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos. La prueba T para la igualdad de medias para ambos grupos ofrece un p-valor = 0.479, superior a 0.05, por lo que no puede rechazarse la hipótesis de igualdad de medias con un nivel de significación del 95%. Este resultado permite considerar que no hay diferencias significativas entre ambos grupos, con respecto a los conocimientos previos sobre la materia que se va a considerar.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pretest	0.102	43	0.200	0.981	43	0.682
pre-problemas	0.086	42	0.200	0.989	42	0.947
posttest	0.143	42	0.031	0.955	42	0.101
pos-problemas	0.168	36	0.012	0.914	36	0.008

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 5. Pruebas de normalidad

Como se observa en la figura 11 la media de los resultados obtenidas por el grupo experimental en la valoración de los problemas 1 y 2 es superior a la del grupo de control pero el análisis estadístico de los resultados ($p\text{-valor} = 0.073 > 0.05$ en la prueba T para la igualdad de medias) muestra que entre ambos grupos tampoco existen diferencias significativas entre las medias de sus puntuaciones en los resultados pre-problemas.

En resumen, el análisis estadístico de los resultados del pretest y pre-problemas muestra que los dos grupos se pueden considerar homogéneos al principio de esta experiencia.

El cuestionario posttest, realizado tras la instrucción sobre el tema de dinámica, muestra que la media alcanzada por los alumnos del grupo experimental es superior a la del grupo de control (Tabla 4), al contrario que lo que ocurría en el test de conocimientos previos (pretest). A pesar de ello, no puede afirmarse que haya diferencias estadísticamente significativas entre las medias de ambos grupos, ya que la Prueba de Mann-Whitney para muestras independientes, ofrece un $p\text{-valor} = 0.157$ al nivel de significancia de 0.05. Este resultado no es del todo inesperado porque con el método aquí presentado se ha trabajado, principalmente, la resolución de problemas de dinámica y no la comprensión conceptual referente a este tema. Para comprender el avance conceptual alcanzado por los alumnos sería necesario hacer un análisis cualitativo, que no es objeto de esta experiencia.

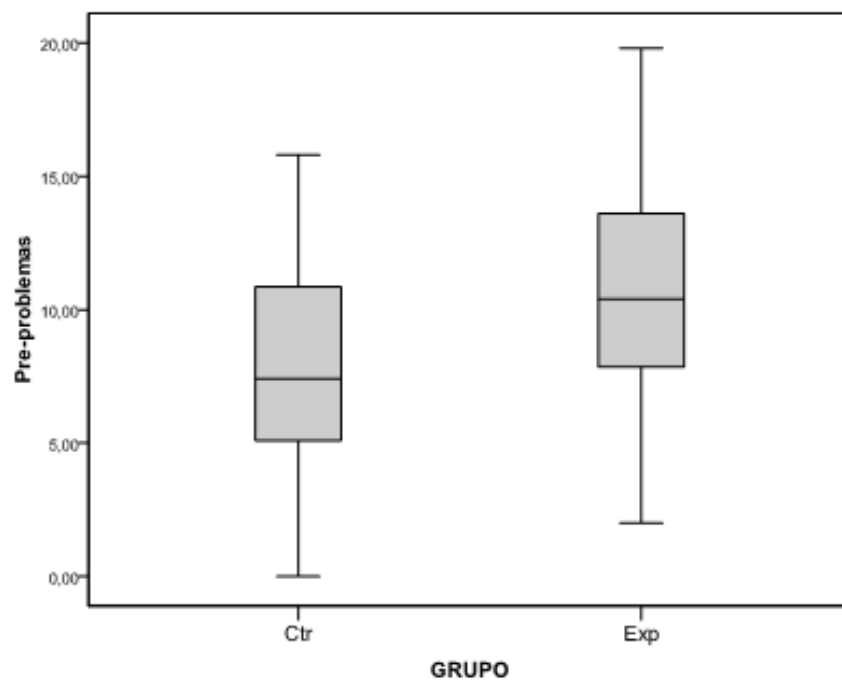


Figura 11. Diagrama de cajas para la puntuación de los Pre-problemas

Es necesario indicar que el postest tiene un índice de dificultad superior al de conocimientos previos (0.45 para el postest frente a 0.56 del pretest), y un ítem menos por lo que las medias de ambos test no son comparables.

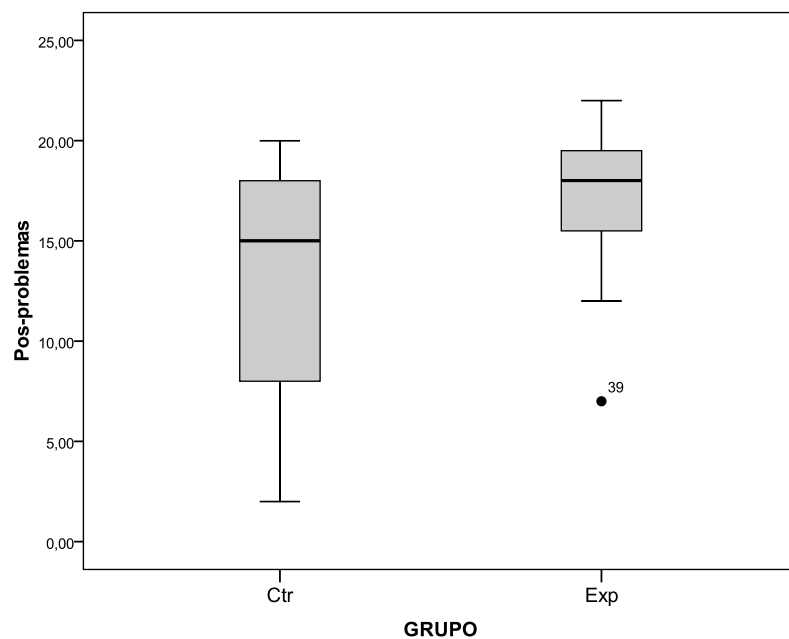


Figura 12. Diagrama de cajas para la puntuación de los Pos-problemas

Por el contrario los datos obtenidos de la valoración de los problemas 5 y 6 (p-valor de 0.023 en la prueba U de Mann-Whitney), muestran que se puede rechazar la hipótesis de

igualdad de medias entre ambos grupos, asumiendo, como puede apreciarse en el diagrama de cajas mostrado en la figura 12, que la media del grupo experimental (16.91) es significativamente superior a la del grupo de control (13.04). Además, se observa que la desviación típica del grupo de control es mayor que la del grupo experimental, indicando así un menor grado de dispersión en las puntuaciones obtenidas por este grupo, aunque este resultado también puede ser debido al menor número de alumnos en el grupo experimental.

Estos resultados parecen indicar que la diferencia, entre los valores medios, es debida al método de enseñanza usado en esta experiencia.

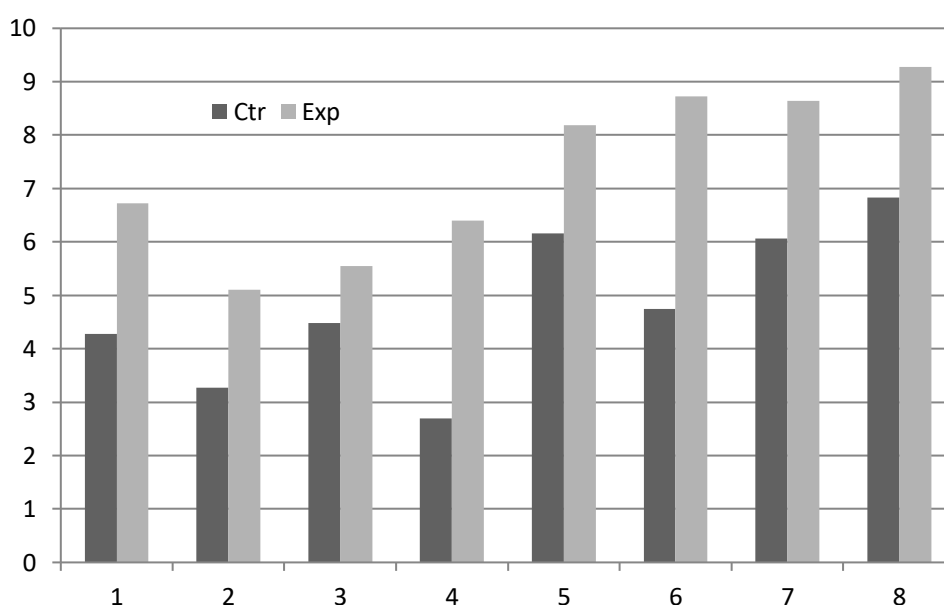


Figura 13. Evolución de la valoración de los problemas

En la figura 13 se puede observar la evolución de los resultados obtenidos por cada grupo en la puntuación de los problemas evaluados durante el transcurso de esta experiencia. En todos los casos la puntuación media obtenida por el grupo experimental es superior a la del grupo de control, aunque, como ya se ha visto en el apartado anterior, sin diferencias significativas entre los grupos al principio de la experiencia (problemas 1 y 2). Para comparar la evolución de los resultados de los problemas hemos calculado para cada grupo la ganancia media normalizada (G) propuesta por Hake (1988) y que es ampliamente utilizada en trabajos de este tipo para valorar el grado de aprendizaje alcanzado por los alumnos (Sandoval y Mora, 2009). La siguiente expresión, adaptada a esta experiencia, indica como calcularla:

$$G = \frac{(\overline{problemas} - \overline{preproblemas})}{(\overline{puntuación\ máxima} - \overline{problemas})}$$

siendo la puntuación máxima 22, dado que es la suma de la puntuación de dos problemas.

En la tabla 6 pueden observarse los valores de G obtenidos por ambos grupos. Tomando como referencia la puntuación obtenida en los problemas 1 y 2 (datos pre-problemas), la ganancia para los problemas 3 y 4 es prácticamente nula. Como ya se ha indicado, estos problemas se realizaron en un examen poco después de haberse iniciado la instrucción en la PVG. Sin embargo, la ganancia en los problemas 5 y 6 ya es apreciable, siendo mayor en el grupo experimental que en el de control. Lo mismo ocurre en los problemas 7 y 8 pertenecientes a un examen final del curso. Estos resultados pueden interpretarse como una mejora en la resolución de los problemas para los alumnos de ambos grupos a lo largo del curso, como era de esperar, aunque sustancialmente mayor para el grupo experimental, lo que parece indicar de nuevo, que la diferencia en estos resultados es debida al uso de la PVG como método para resolver los problemas de dinámica.

	Puntuación		Ganancia	
	Control	Experimental	Control	Experimental
P1 y P2	7.55	11.83		
P3 y P4	7.18	11.95	-0.03	0.01
P5 y P6	10.91	16.91	0.23	0.50
P7 y P8	12.90	17.91	0.37	0.60

Tabla 6. Tabla de puntuación en problemas y ganancia

Con independencia de los resultados estadísticos, la valoración que los alumnos han dado a esta herramienta ha sido muy positiva. Según una encuesta de satisfacción realizada sobre una muestra de 28, de los 43 alumnos que han participado en este estudio, el 89,3%

consideran que el método de aplicación de la PVG le había ayudado a integrar teoría y problemas (dominio conceptual y el dominio metodológico de la V de Gowin), y a entender mejor el proceso de resolución de los mismos. La misma proporción valoraba como útil o muy útil esta herramienta.

Como caso particular, varios alumnos resolvieron los problemas de los exámenes finales según el esquema propuesto en la PVG (algunos incluso usaron una fotocopia de la misma) a pesar de no pedírselo explícitamente.

7.4. Conclusiones

Los resultados confirman nuestra principal hipótesis y muestran que la utilización de una herramienta didáctica basada en la V de Gowin para resolver problemas de dinámica, es más efectiva que los métodos tradicionales, que son en general menos reflexivos y sistemáticos.

La importancia de explicitar la relación entre lo que el alumno ya sabe (dominio conceptual) y lo que podrá realizar para lograr nuevos aprendizajes a partir de ellos, (dominio metodológico) en el desarrollo de los problemas de Física, hace de la V de Gowin una herramienta muy útil en una enseñanza dirigida a promover un aprendizaje significativo, como se aprecia en la mejora en la resolución de problemas (en el grupo Experimental $G=0.50$ frente al grupo de control $G= 0.23$) que perdura más allá del periodo estricto de instrucción en el método.

También se aprecia, aunque de un modo estadísticamente no concluyente, una mejora en la comprensión de los conceptos teóricos para aquellos alumnos que siguieron el método de la PVG frente a los del grupo de control.

En la encuesta de satisfacción, los alumnos han valorado especialmente el apartado de “análisis inicial del problema” en dos aspectos contrapuestos. Por un lado, indican que era el apartado que más les costaba realizar, pero por otro decían que una vez cumplimentado este apartado, el problema estaba enfocado en su mayor parte. Es esta una aportación que se puede llevar a cabo en las aulas con independencia del uso de la PVG.

Cabe destacar el caso de dos de los alumnos, que pasaron en el plazo de dos meses de una situación en la que prácticamente no se sentían capaces de enfrentarse a los problemas, a aprobar el curso en la convocatoria ordinaria.

Capítulo 8: Jigsaw en la resolución de problemas

En los capítulos 5 y 6 se han mostrado dos aplicaciones de la técnica colaborativa de jigsaw en situaciones de aprendizaje de la Física como el laboratorio o la elaboración de mapas conceptuales. En ambos casos, se ha comprobado que hay indicios que esta técnica mejora el aprendizaje significativo de la asignatura en las situaciones descritas. En el capítulo anterior se ha presentado una herramienta para mejorar la resolución de problemas en la asignatura de Física. En el presente capítulo se pretende mostrar una aplicación de la técnica de jigsaw en la resolución de problemas en el aula. Esta experiencia fue presentada oralmente en el 23º Encuentro Ibérico de Enseñanza de la Física, celebrado en Valencia en 2013 (Tobaja, Gil y Solano, 2013).

Como se ha comentado en el capítulo 2, esta metodología colaborativa promueve una mayor implicación y compromiso, por parte de los alumnos, en su propio aprendizaje. La técnica de jigsaw incentiva a los alumnos a explicitar verbalmente los contenidos aprendidos y por otro lado, crea redes simples de aprendizaje en las que todos los alumnos colaboran en la creación de conocimiento.

En capítulos anteriores se ha justificado que las técnicas colaborativas, donde se engloba la del jigsaw, muestran una gran efectividad para el desarrollo del aprendizaje por parte de los alumnos. La necesaria implicación activa del alumnado en esta técnica promueve el recuerdo y la asimilación de conceptos en mayor medida que una implicación pasiva por parte de quien aprende (Lord, 2007), produciendo un mejor aprendizaje significativo.

Por otra parte, como se ha mencionado en el capítulo anterior y en capítulo 4, la realización de problemas en las asignaturas de ciencias es una tarea básica para el alumnado, en la que se encuentran multitud de dificultades. Incrementar la eficacia en la resolución de problemas, fomentando el aprendizaje significativo implica una mejora sustancial en el proceso de aprendizaje de dicha disciplina.

Además, según Rosa y Ghiggi (2018) en los grupos colaborativos, los alumnos menos expertos observan la forma de actuar de los más expertos, captando su modo de acción y parte de su proceso mental para llegar a la respuesta solicitada. De este modo, los alumnos menos expertos pueden adaptar su método de acción para mejorar sus resultados.

Por ello, se ha considerado la aplicación de la técnica de jigsaw para la resolución colaborativa de problemas en el aula con las siguientes hipótesis de trabajo:

- a) el aprendizaje de los alumnos siguiendo una metodología de aprendizaje colaborativo es superior a la conseguida mediante el sistema tradicional.
- b) la satisfacción de los alumnos ante el método colaborativo es superior frente al aprendizaje tradicional.

8.1. Método

En la experiencia han participado 39 alumnos de 1º de bachillerato, de los que 33 completaron el proceso. Fueron divididos en dos grupos naturales, uno experimental de 18 alumnos y otro de control con 15 alumnos. La experiencia se ha realizado durante el desarrollo del tema de cinemática en la asignatura de Física y Química.

Con el fin de poner a prueba la hipótesis a) se utilizó un diseño cuasi-experimental con medidas de pretest y postest. Para testar la hipótesis b) se realizó una encuesta de satisfacción en el grupo experimental.

En la experiencia realizada se han empleado dos sesiones consecutivas de trabajo en el aula tanto para el grupo experimental como para el grupo de control.

Sesión 1: El profesor explica el trabajo que se realizará, los objetivos que se proponen y distribuye a los alumnos en cuatro grupos jigsaw (denominados A, B, C y D). Cada miembro del grupo se le asigna un número del uno al cinco. Los números uno forman el primer grupo de expertos, los dos el segundo y así sucesivamente. A cada grupo de expertos se le encomienda la resolución de un problema de cinemática que deben resolver en el tiempo de una sesión lectiva (aproximadamente 50 minutos).

Sesión 2: Se reúnen los grupos jigsaw y cada miembro del grupo explica al resto de compañeros el problema resuelto en el grupo de expertos durante la sesión 1. Cada miembro dispone de alrededor de 10 minutos para ello. El profesor proporciona a cada alumno la lista completa de problemas.

Durante la realización de la experiencia algunos alumnos del grupo experimental estuvieron ausentes en la clase, con lo que los grupos tuvieron que incorporar nuevos componentes en la segunda sesión o cubrir la ausencia de alguno de los participantes en la primera sesión. El profesor compensó estas ausencias de modo que en todos los grupos jigsaw pudiesen exponerse todos los problemas trabajados en la sesión 1.

Por otra parte, el grupo de control dedicó también dos sesiones al trabajo de los mismos problemas que el grupo experimental, si bien el método de trabajo fue personal o en pequeño grupo.

8.2. Resultados

Los datos obtenidos, tanto para el pretest como para el posttest han sido analizados con el programa IBM SPSS Statistics 22. Los datos se han dividido en dos grupos: grupo experimental, son los resultados obtenidos por los alumnos que siguieron la metodología jigsaw, y grupo de control, son los resultados obtenidos por los alumnos que trabajaron de forma tradicional.

Con el fin de contrastar la hipótesis a), todos los alumnos realizaron un pretest sobre contenidos mínimos del curso anterior, 4º de ESO, consistente en una serie de 20 cuestiones de respuesta múltiple y una selección de 4 problemas.

Con el fin de verificar la normalidad de las distribuciones se ha realizado la prueba de Kolmogorov-Smirnov (ver tabla 7). El p-valor para los datos del pretest es $p = 0.168 > 0.05$, por lo que se puede considerar normal la distribución de calificaciones para el pretest. En el caso del pretest no puede considerarse normal la distribución.

Considerada normal la distribución de datos obtenidos en el pretest, se ha aplicado la prueba t de igualdad de medias de muestras independientes, que muestra que se puede considerar que la población de la que partimos es homogénea, con un p-valor = $0.69 > 0.05$, a pesar de que la puntuación del grupo experimental es ligeramente superior a la que se ha obtenido en el grupo de control (ver valores en tabla 8).

			Pretest	Posttest
N			33	33
Parámetros normales ^{a,b}	Media		6,6545	3,0909
	Desviación estándar		2,12354	2,98291
Máximas diferencias extremas	Absoluta		,130	,218
	Positivo		,098	,218
	Negativo		-,130	-,150
Estadístico de prueba			,130	,218
Sig. asintótica (bilateral)			,168 ^c	,000 ^c

- a. La distribución de prueba es normal.
- b. Se calcula a partir de datos.
- c. Corrección de significación de Lilliefors.

Tabla 7. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

Estadísticas de grupo

	Grupo	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Pretest	Experimental	18	6,8889	2,19059	,51633
	Control	15	6,3733	2,07965	,53696

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Pretest	Se asumen varianzas iguales	,007	,933	,689	31	,496	,51556	,74857	-1,01116	2,04228
	No se asumen varianzas iguales			,692	30,432	,494	,51556	,74493	-1,00489	2,03600

Tabla 8. Valores medios en la prueba de pretest y valores de la prueba de igualdad de medias.

En el diagrama de cajas de la figura 14 se aprecia gráficamente lo indicado en las tablas.

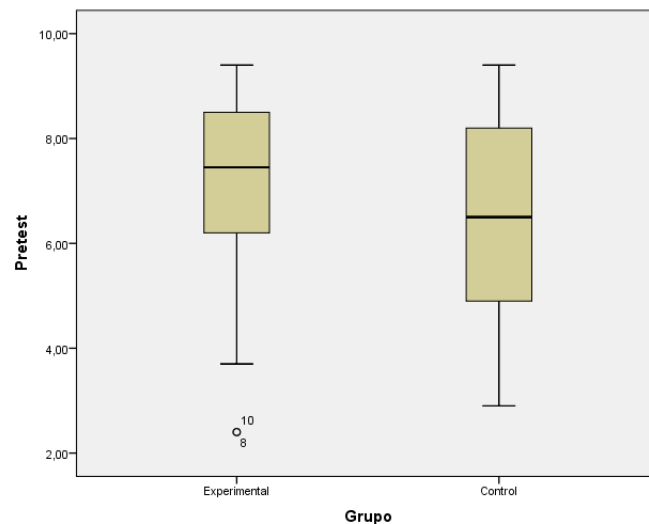


Figura 14. Diagrama de cajas de los valores del pretest

La prueba posttest, que consistió en la resolución de tres de los problemas de dificultad media-alta que se habían trabajado previamente. Se realizó diez días después de haber terminado la actividad y sin que los alumnos hubiesen sido advertidos previamente de su realización. Los tres problemas de cinemática tenían un total de cinco preguntas a contestar por los alumnos. Cada pregunta se ha valorado con un punto si se planteaba correctamente el ejercicio y con dos si además la resolución era la correcta. En la tabla 9 se registran los valores medios obtenidos por ambos grupos en la prueba posttest además de los valores de la prueba U de Mann-Whitney.

Estadísticas de grupo

	Grupo	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Posttest	Experimental	18	3,7222	3,23229	,76186
	Control	15	2,3333	2,55417	,65949

Estadísticos de prueba^a

	Posttest
U de Mann-Whitney	102,000
W de Wilcoxon	222,000
Z	-1,209
Sig. asintótica (bilateral)	,227
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,244 ^b

a. Variable de agrupación: Grupo

b. No corregido para empates.

Tabla 9. Valores medios en la prueba de posttest y valores de la prueba U de Mann-Whitney.

Aunque la media posttest del grupo experimental es superior a la del grupo de control, no se puede afirmar que haya diferencia significativa, por lo que el estudio estadístico de los resultados del posttest no confirman la hipótesis a). Hay dos factores que han podido afectar a los resultados de la prueba. La experiencia se realizó, como se ha indicado, en dos sesiones consecutivas y la medida se realizó tras estas dos sesiones, es probable que los alumnos necesiten realizar la técnica más veces para que pueda resultar más efectiva. Por otra parte, durante la experiencia y según las observaciones en clase del profesor, uno de los grupos (el grupo D) no funcionó al mismo nivel que el resto: en la segunda sesión, tardó más de un cuarto del tiempo disponible en organizarse, faltó uno de los componentes y no supieron cubrir la ausencia y otro de los alumnos no tenía bien preparado su problema. En la encuesta de satisfacción, fue el único grupo en el que la mitad de los componentes manifestó no haber aprendido lo suficiente con la actividad. Como se indicó en el capítulo 2, en la técnica del jigsaw todos los participantes deben hacerse responsables de realizar correctamente su parte del trabajo, ya que repercute en el trabajo realizado por el conjunto del grupo. En esta experiencia y en este grupo, se evidenció la interdependencia entre los componentes del grupo.

Con el fin de valorar la hipótesis b), se realizó un cuestionario con cinco preguntas de respuesta abierta sobre la actividad realizada en los grupos jigsaw más otra de valoración numérica entre 0 y 10.

Según las respuestas obtenidas en el test de satisfacción, el 90% de los alumnos del grupo experimental consideró motivadora la actividad realizada con los grupos jigsaw. Este nivel de satisfacción se obtiene a pesar de que más de la mitad de los alumnos aseguró haber tenido algún tipo de dificultad en el desarrollo de la actividad, bien en el planteamiento del problema que debían resolver, bien en la organización de los grupos. El nivel de satisfacción es coherente con la valoración numérica realizada por los alumnos que fue de 7,5 de media y donde sólo un alumno valoró negativamente la actividad.

8.3. Conclusiones

Se ha realizado una experiencia colaborativa con la técnica de jigsaw para resolver problemas de física en el aula durante dos sesiones de trabajo y se ha verificado su eficacia mediante una prueba pretest y posttest.

El grupo experimental obtuvo mejores puntuaciones que el grupo de control en la prueba posttest, sin embargo no se puede considerar que exista diferencia significativa entre ambos grupos.

Las observaciones realizadas por el profesor durante la experiencia son positivas. En contraste con lo observado en el grupo de control, en el que apenas hubo interacción entre unos alumnos y otros, a pesar de poder disponerse en grupos, en el grupo experimental, durante la primera sesión, se podían ver a algunos alumnos explicando a los compañeros cómo podría enfocarse el problema y una alta interacción entre los componentes de cada grupo. Además, en la segunda sesión, la premura del tiempo les obligaba a centrarse en la parte más física del problema, en detrimento del desarrollo matemático, lo cual, posiblemente, ha contribuido a una mejor comprensión del conjunto de los problemas realizados.

Por otra parte, el grupo experimental discutió en dos sesiones cinco problemas de dificultad media-alta, mientras que pocos alumnos del grupo de control pudieron realizar más de tres de ellos en las dos sesiones de trabajo en el aula.

La experiencia en el aula ha mostrado que la técnica de jigsaw no asegura que todos los grupos funcionen correctamente, pero en los que así ocurre, el rendimiento mejora con respecto al trabajo individual o en grupo no colaborativo. La técnica, además se muestra sensible diferentes circunstancias como por ejemplo a la falta de implicación de alguno de los componentes de los grupos en el trabajo que deben desarrollar o a ausencias no previstas, y siempre posibles, de los alumnos participantes.

La técnica mostrada es de aplicación a cualquier asignatura y curso, no siendo necesaria una compleja elaboración previa, más allá de la adecuada selección de los problemas que se trabajarán en el aula; de una distribución de los grupos ajustada que evite que alguno de ellos no sea capaz de realizar su parte de la tarea; y de una adecuada explicación de la técnica a los alumnos acompañada de una motivación que les lleve a responsabilizarse de la ejecución de la parte del trabajo que a cada cual le corresponde.

Por último, puede afirmarse que en cualquier caso, los resultados obtenidos por el grupo experimental no han sido inferiores a los del grupo de control, pero además, su grado de satisfacción con esta técnica de trabajo es alta, por lo que puede ser recomendable, al menos, para mantener motivados a los alumnos en una labor compleja para ellos como es la resolución de problemas.

Capítulo 9: Evaluar con mapas conceptuales

En la enseñanza actual, en cualquiera de sus niveles educativos, se exige un elenco cada vez más amplio de capacidades que deben alcanzar los alumnos. Como se comentó en el capítulo 1, la evaluación de los alumnos guía en gran medida los conocimientos que estos alcanzan. Por ello, para estimar diferentes capacidades es conveniente diversificar los instrumentos de evaluación, de modo que se valoren más adecuadamente diferentes aptitudes y se ajuste el proceso de enseñanza para maximizar el aprendizaje (significativo) del alumnado.

Los investigadores han hecho esfuerzos para explorar formas efectivas de evaluación a gran escala debido a la insatisfacción con los métodos de evaluación tradicionales (Pirnay-Dummer, Ifenthaler y Spector, 2010). Entre los métodos “alternativos”, los mapas conceptuales son considerados una herramienta de evaluación desde hace décadas (Ruiz-Primo y Shavelson, 1996), aunque su utilidad como tal no ha recibido la suficiente atención (Trumpower y Sarwar, 2010); quizás debido a la dificultad de asignar una nota cuantitativa a un mapa conceptual, limitándose así su posible uso como instrumento de evaluación (Besterfield-Sacre et al. 2004).

Estudiando la relación entre la evaluación en un test de opción múltiple y la puntuación otorgada en los mapas conceptuales elaborados por los alumnos preuniversitarios en una clase de matemáticas, Ozdemir (2005) no encuentra relación directa entre ellas. Sin embargo, sí reseña una concordancia positiva entre la puntuación de los mapas y la obtenida en pruebas tradicionales, estableciendo así un indicio de correlación entre ambas herramientas de evaluación.

Sin embargo, especialmente en la educación universitaria, el uso de mapas conceptuales para evaluar la enseñanza de la física no ha sido suficientemente estudiado, aunque estudios como los de Derbentseva, Safayeni y Cañas (2007) afirman, en consonancia con lo comentado en los capítulos 1 y 3 de este trabajo, que la evaluación con mapas conceptuales puede ser más afinada que la tradicional para detectar el aprendizaje significativo frente al que no lo es.

En este contexto se describe a continuación un trabajo sobre el uso de mapas conceptuales para evaluar cuantitativamente el aprendizaje de los alumnos en la asignatura de física. Este trabajo ha sido publicado en *Research in Science Education* (Gil, Solano y Tobaja, 2018).

Los principales objetivos en los que se focaliza esta investigación son:

- a) Iniciar a los estudiantes en una nueva técnica de estudio consistente en la elaboración de mapas conceptuales, usando CmapTools (<http://cmap.ihmc.us/conceptmap.html>). Este objetivo pretende ayudarles a desarrollar habilidades útiles para alcanzar el aprendizaje significativo, de modo que sea un aprendizaje más útil.
- b) Desarrollar y validar una herramienta basada en la evaluación cuantitativa de los mapas conceptuales elaborados por los alumnos que sea fácilmente reproducible y relativamente sencilla de usar en el proceso normal de enseñanza-aprendizaje.

9.1. Método

En la experiencia que se presenta en este capítulo se ha realizado una propuesta novedosa de valoración objetiva de mapas conceptuales que ha sido validada comparando los resultados de tres variables:

- a) valoración cualitativa de mapas conceptuales
- b) las notas obtenidas mediante un test de opción múltiple
- c) la valoración cuantitativa de mapas conceptuales

En este estudio, han participado 76 estudiantes del primer curso en los grados de Ingeniería Telemática en Comunicación, Geomática y Topografía y Diseño Industrial y Desarrollo de Productos del Centro Universitario de Mérida. El conjunto de alumnos se dividió en grupos de menos de 10 y la experiencia se aplicó a los contenidos de tema Interacción Electroestática. Dada la naturaleza del estudio, realizado en las condiciones habituales del curso académico, no ha sido posible extremar las condiciones experimentales. Es necesario señalar que los resultados que se tienen en cuenta en este trabajo se refieren a los 47 alumnos que completaron el estudio experimental.

Se ha utilizado el programa de tutoría de la asignatura introducido con motivo del Espacio Europeo de Educación Superior, que ha permitido trabajar con los alumnos en pequeños grupos. Esta actividad también ha sido empleada para monitorizar la evolución del aprendizaje de los alumnos. La elaboración de los mapas conceptuales ha proporcionado un marco de trabajo para el diálogo en el que se ha podido verificar el contenido semántico explícito e implícito y fomentar así actitudes reflexivas en los alumnos.

El diseño experimental ha consistido en una prueba piloto seguida de la experiencia propiamente dicha. La prueba piloto se realizó durante el primer semestre del curso siendo los participantes 17 estudiantes del grado de Ingeniería en Telemática de los que solo 12 completaron el experimento. Durante tres semanas se les instruyó sobre la técnica de elaboración de mapas conceptuales. Los resultados se emplearon en revisar y mejorar el método de trabajo. Sobre la base de más de una década de experiencia en la elaboración de mapas conceptuales (Gil, Suero y Pérez, 2004) y con el soporte técnico del *Institute for Human and Machine Cognition* (IHMC), se eligió el programa informático CmapTools (disponible en <http://cmap.ihmc.us>) para la elaboración de los mapas conceptuales. Durante este periodo se desarrolló y validó un cuestionario de elección múltiple sobre Interacción Electrostática para su uso en la evaluación tradicional. El cuestionario consiste en diez preguntas seleccionadas de los exámenes realizados en años anteriores por alumnos que recibieron una instrucción tradicional.

La experiencia se realizó durante tres semanas del segundo semestre. Participaron 59 alumnos de los grados de Geomática y Topografía y Diseño Industrial y Desarrollo de Productos de los que sólo 35 alumnos completaron la experiencia.

Se siguió el siguiente procedimiento:

- Previamente a la primera tutoría programada, a los alumnos se les proporcionó una tarea sobre mapas conceptuales como herramienta educativa y sobre el uso del software CmapTools. En la primera sesión de tutoría, se discutió el trabajo realizado sobre la tarea en el grupo, animando a la reflexión sobre el uso, características y construcción de mapas conceptuales con CmapTools. Se concluyó la sesión con una presentación realizada por el profesor con un ejemplo de mapa conceptual sobre el primer tema (Teoría de campos) del curso de física, que había sido previamente explicado en las clases teóricas.
- En la segunda sesión, a modo de entrenamiento, se pidió a los alumnos que preparasen individualmente un mapa conceptual sobre el segundo tema del curso (Campo Gravitatorio), que ya se había tratado previamente en clase. Para este fin, se les facilitó una lista de cinco conceptos clave ordenados arbitrariamente que debían relacionar entre sí y organizarlos jerárquicamente a través de los enlaces apropiados. Los mapas conceptuales obtenidos se discutieron y modificaron en el grupo.

- Antes de la tercera sesión, a los alumnos se les facilitó de nuevo una lista de diez conceptos clave ordenados arbitrariamente sobre el tema Interacción Electrostática con los que preparar sus mapas conceptuales. Los mapas elaborados fueron enviados al profesor a través del campus virtual de la Universidad de Extremadura (AVUEX) antes de la tercera sesión. Además, sin aviso previo, los estudiantes tuvieron que realizar el cuestionario de 10 preguntas validado en la prueba piloto. De este modo, se asegura que los alumnos no han preparado específicamente los contenidos del tema como podrían hacer para un examen tradicional. Después de completar el cuestionario, los mapas conceptuales se discutieron y modificaron con las propuestas del grupo, como se había hecho en las sesiones precedentes.

Se debe hacer notar que al proporcionarles a los alumnos la lista de conceptos, además de facilitarles la elaboración de los mapas conceptuales, dado que eran noveles en esta tarea, se hace posible comparar los diferentes mapas entre sí, enfatizando las diferencias en la estructura (jerarquía, enlaces cruzados...) más que las diferencias en contenido, ya que esto podría dificultar la tarea de hacer comparaciones significativas (Besterfield-Sacre et al. 2004).

En todo caso, se hizo saber a los participantes en la experiencia que la lista de conceptos no era una lista cerrada y que podían añadir cuantos conceptos considerasen necesario. De hecho, la mayoría incorporó algún concepto en el mapa conceptual, casi siempre en forma de ejemplos.

La evaluación cualitativa de los mapas fue completada por un profesor de física, con experiencia en elaboración de mapas conceptuales, que no participó activamente en el experimento. Se usó como guía para la evaluación, un mapa conceptual preparado por el profesor a cargo de la asignatura que permitió al profesor evaluador comprobar si los mapas de los alumnos incluían todos los conceptos importantes o sólo una parte de ellos, y cuáles de los conceptos se consideran más inclusivos. El profesor experto también valoró el diseño de los mapas respecto a la distribución de conceptos sobre el plano, dado que esto contribuye a la claridad y legibilidad del mapa, evitando la ambigüedad o confusión en su lectura.

9.2. Propuesta de valoración cuantitativa de mapas conceptuales

Para la nueva propuesta de evaluación cuantitativa de los mapas, se tomó como base el sistema de puntuación propuesto por Novak y Gowin (1984) que otorga un sistema de puntuación para cada nivel jerárquico bien establecido y para cada relación correcta entre conceptos. No se adopta dicha propuesta por la imposibilidad de este método para comparar puntuaciones entre mapas de diferentes alumnos, ya que puede asignar puntuaciones muy diferentes a mapas que son efectivamente igual de correctos (Domínguez-Marrufo, Sánchez-Valenzuela y Aguilar-Tamayo 2010).

De acuerdo con la teoría y técnica de los mapas conceptuales, se toma como criterio de evaluación el número correcto de proposiciones (P), el número de enlaces cruzados propuestos (PC), el número de ejemplos (E) y, como novedad en nuestro sistema de puntuación, el número de conceptos (C) usados en cada mapa. Sin embargo, no se asignará ningún valor al número de niveles jerárquicos, debido a que los alumnos estaban comenzando a utilizar esta técnica y en la mayoría de los casos los mapas incluían “lazos” con ascensos y descensos alternados de un nivel a otro (ver figura 14) y en otros casos los mapas presentaban pocos niveles jerárquicos, aunque las relaciones entre conceptos eran muy buenas (figura 15).

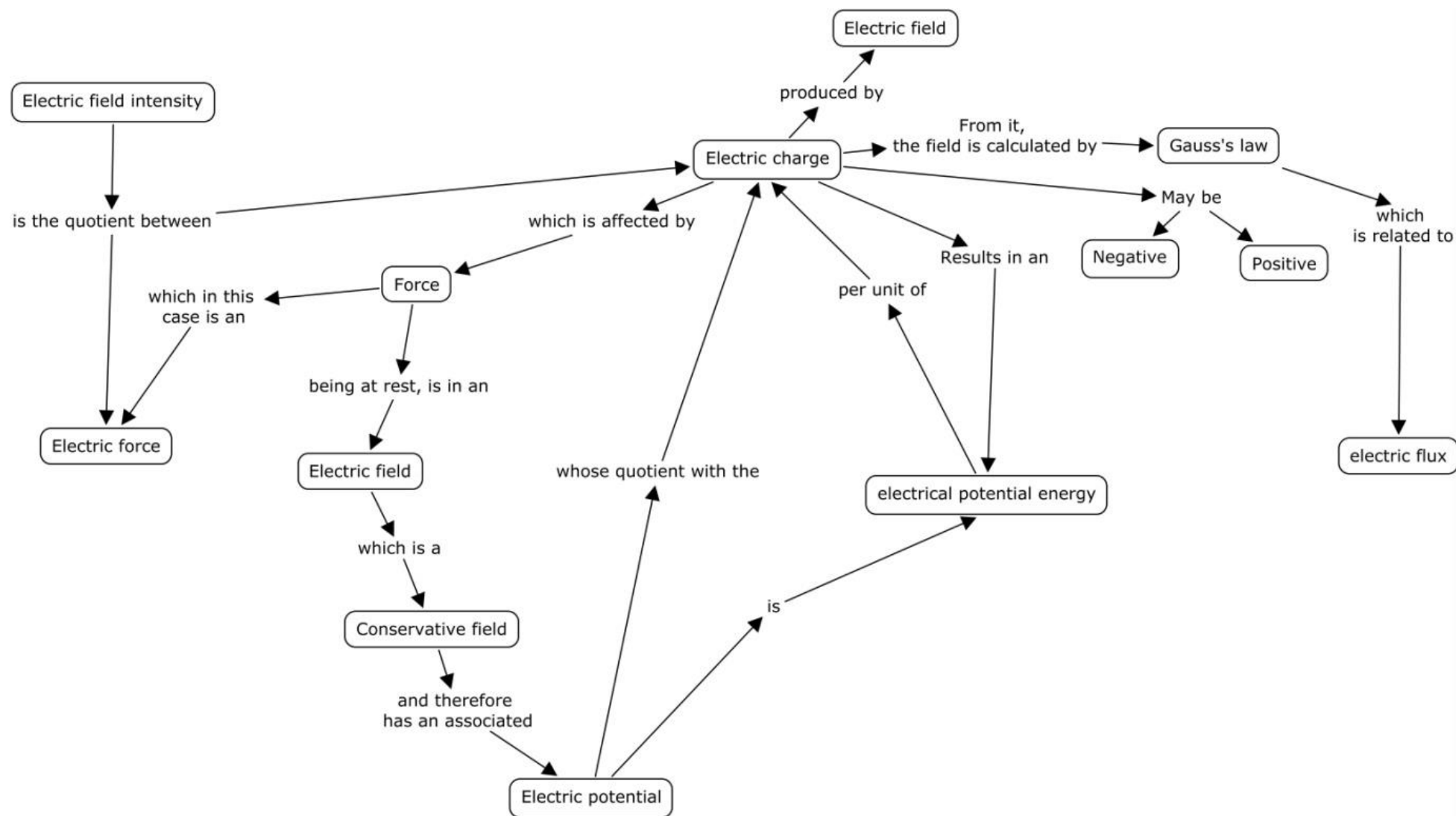


Figura 15. Mapa conceptual sin ordenación jerárquica

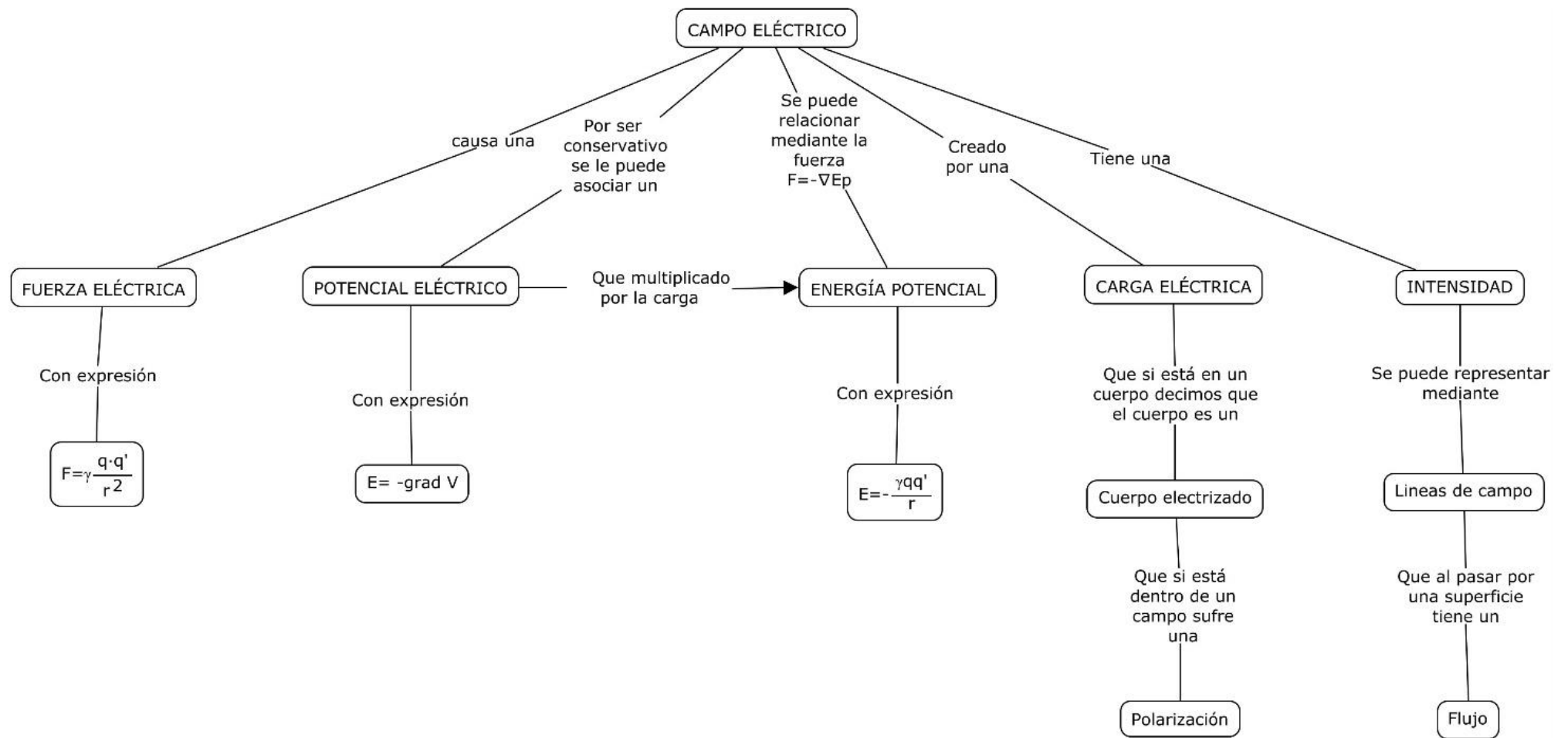


Figura 16. Mapa conceptual de un alumno con pocos niveles jerárquicos y muy buenas relaciones entre conceptos

Tomando los elementos presentados más arriba, se propone la siguiente expresión para la evaluación cuantitativa de un mapa conceptual.

$$V_c = \frac{P + 5PC + E}{C}$$

Como se observa, se asigna una ponderación de 5 a las relaciones cruzadas entre conceptos. Una relación o proposición cruzada es la que se muestra entre diferentes segmentos del mapa conceptual. Se considera que estas reflejan un pensamiento creativo o novedoso. En el presente contexto, creativo se refiere a las relaciones excepcionales, pero convincentes, que se generan en la formación de una proposición y novedoso a que las relaciones cruzadas representan expresiones que el alumno ha comprendido y que no han sido explicadas por el profesor. En cualquier proceso educativo, particularmente en la educación superior, las relaciones conceptuales surgen de procesos interpretativos, no solo de lo que ha sido explícitamente enseñado acerca del tema. Las proposiciones cruzadas son atributos de los “buenos” mapas conceptuales (Derbentseva, Safayeni y Cañas, 2007). En resumen, las proposiciones cruzadas describen un nivel más profundo de conocimiento alcanzado por el alumno.

Además, se considera necesario dividir entre el número de conceptos utilizados para así tener en cuenta los errores que pudieran aparecer en el mapa. Sin esta consideración, los conceptos o proposiciones erróneos no son tenidos en cuenta, cosa que siempre ocurre en los métodos de evaluación tradicional y que, por lo tanto, debería valorarse en la elaboración de los mapas conceptuales, ya que pueden suponer una comprensión distorsionada o incoherente del tema tratado (Costamagna, 2001).

Para justificar esta nueva propuesta es conveniente presentar una comparativa entre la propuesta de puntuación de Novak (Novak y Gowin 1988) y la sugerida en este trabajo. Para ello utilizaremos los mapas mostrados en las figuras 17 y 18. La puntuación de un mapa conceptual según Novak, como se vio en el capítulo 3, se calcula con la expresión:

$$V_N = P + 10 PC + 5 H + E$$

Donde (H) se refiere al número de niveles jerárquicos válidos que presenta el mapa conceptual.

En la figura 17 se puede observar un mapa con un gran número de conceptos, proposiciones, nexos y niveles jerárquicos, no todos ellos relevantes. En la figura 18 se muestra otro mapa con menos niveles jerárquicos aunque las relaciones entre conceptos

muestran una estructura conceptual muy sólida. La tabla 10 muestra las puntuaciones de ambos mapas según Novak y según nuestra propuesta.

Figura 16	P	E	PC	H	C	Puntuación
Novak	11	0	1 (x10)	7 (x5)	13	$11 + 10 + 35 = 56$
Nueva propuesta	11	0	1 (x5)		13	$(11 + 5)/13 = 16/13$
Figura 17	P	E	PC	H	C	Puntuación
Novak	12	3	1 (x10)	4 (x5)	10	$12 + 3 + 10 + 20 = 45$
Nueva propuesta	12	3	1 (x5)		10	$(12 + 3 + 5)/10 = 20/10$

Tabla 10 Puntuación de los mapas conceptuales de las figuras 16 y 17. P son las proposiciones válidas, E los ejemplos, PC las proposiciones cruzadas, H los niveles jerárquicos y C el número de conceptos

Según se muestra en la tabla 10, la puntuación propuesta por Novak da mayor valoración, 56, al mapa de la figura 17 que al de la figura 18, 45 puntos. A pesar de tener mayor puntuación el mapa de la figura 17, el de la figura 18 tiene mejor estructura y relación entre conceptos, por lo que se podría afirmar que es mejor mapa que el de la figura 17. Por el contrario, según nuestra propuesta de puntuación, el mejor mapa obtiene mejor puntuación 2.0 frente a la obtenida por el peor mapa, 1.23. La diferencia entre estos valores puede parecer pequeña, pero no es el caso, ya que el valor dado al mapa conceptual del experto (el utilizado para las comparaciones en este trabajo) de acuerdo a la nueva valoración fue de 2.8.

9.3. Resultados

En la tabla 11 se presentan los resultados obtenidos por los alumnos en los tres tipos de evaluaciones, que son las variables de estudio de nuestra experiencia, que se han realizado, evaluación tradicional, cualitativa y cuantitativa para los mapas conceptuales del tema Interacción Electroestática. En los tres casos, la puntuación está en la escala de 0 a 10.

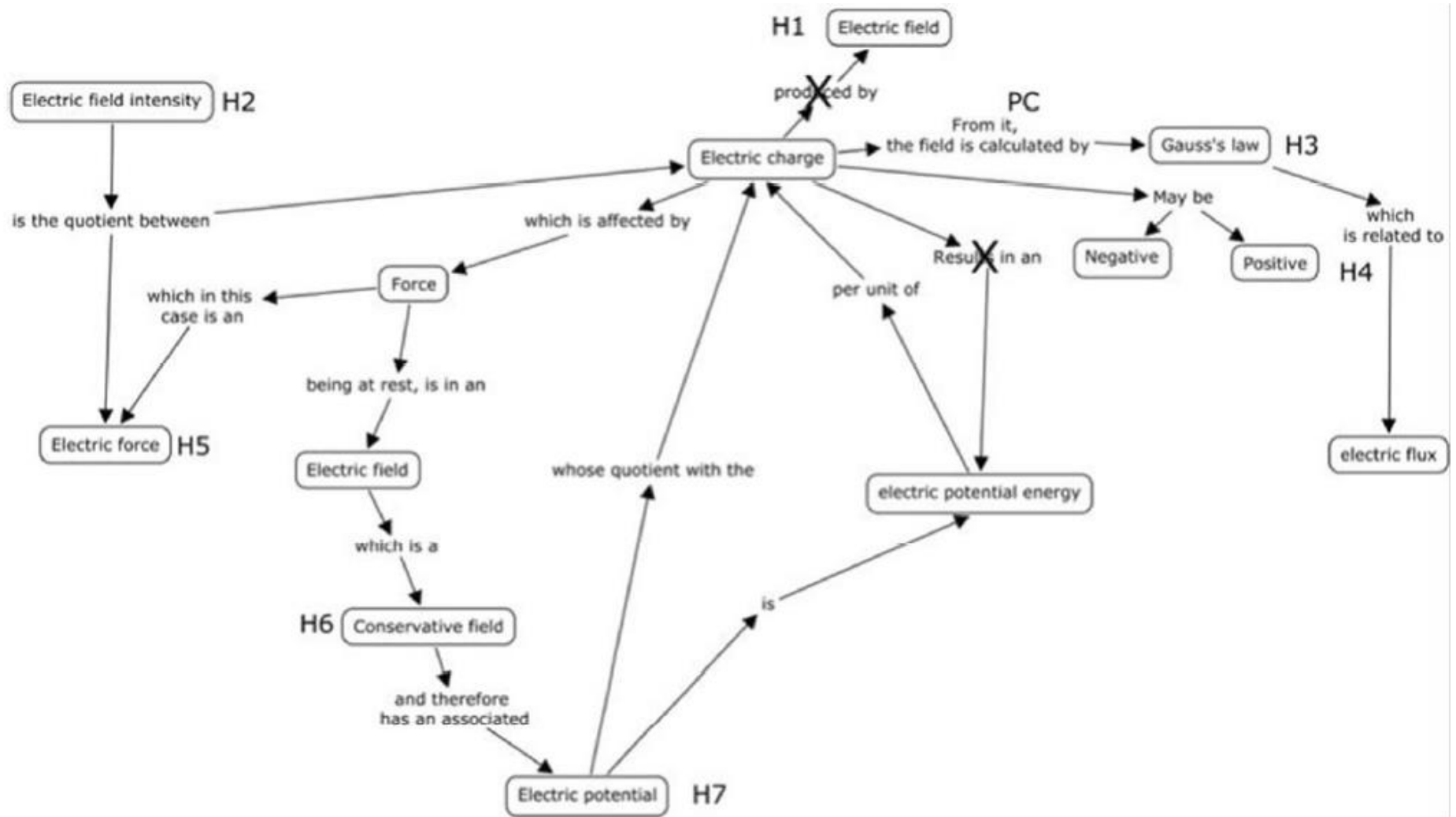


Figura 17: Mapa conceptual con 7 niveles jerárquicos (H), una proposición cruzada (PC), 13 conceptos (C), 11 proposiciones (P) válidas y otras dos erróneas (indicadas con X)

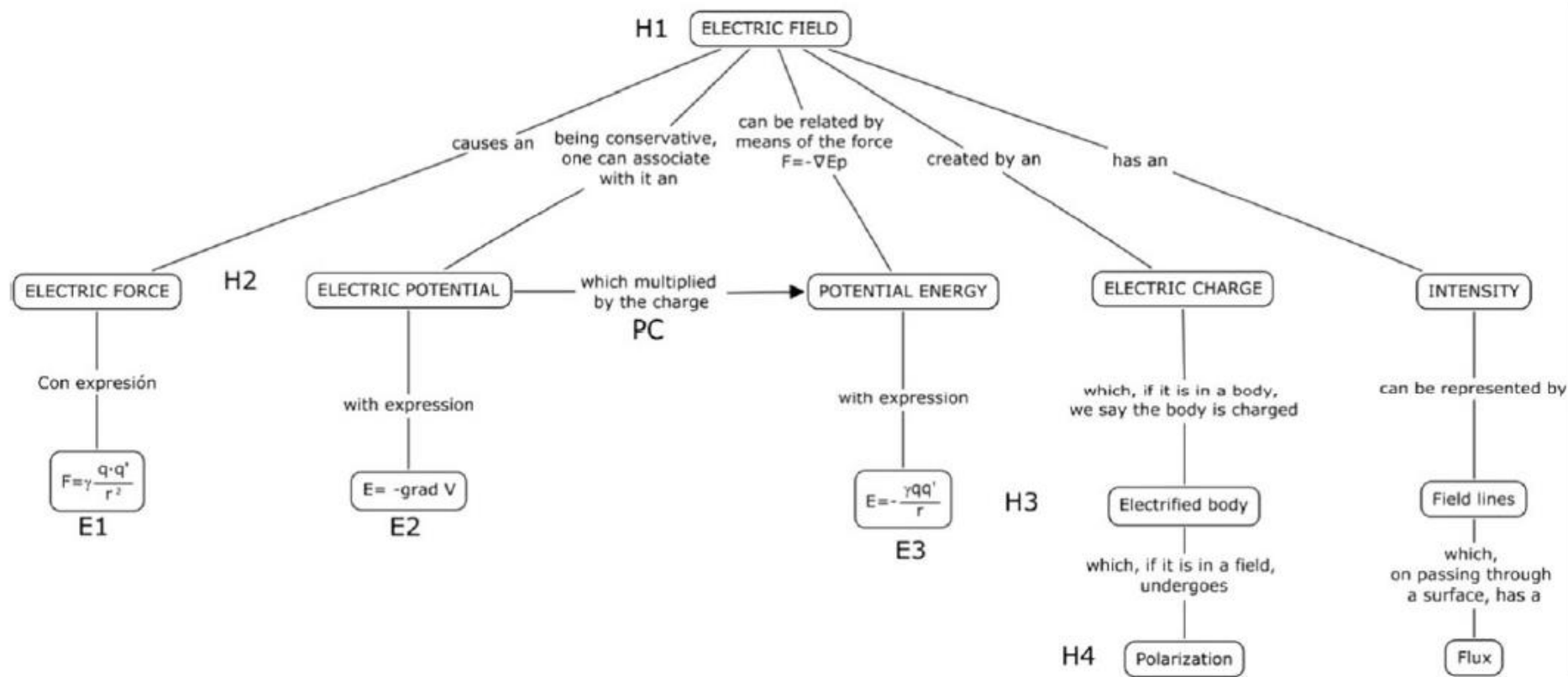


Figura 18: Mapa conceptual con 4 niveles jerárquicos (H), una proposición cruzada (PC), 10 conceptos (C), 12 proposiciones (P) válidas y tres ejemplos

Alumno	Eval. Tradicional	Eval. Cualitativa	Eval. Cuantitativa	Alumno	Eval. Tradicional	Eval. Cualitativa	Eval. Cuantitativa
1	6	4	4.64	18	3	5	5.67
2	3	4	3.93	19	2	5	3.75
3	3	4	5.00	20	3	3	1.67
4	3	5	3.42	21	5	6	4.64
5	4	5	5.97	22	6	6	4.00
6	5	5	6.07	23	6	4	3.68
7	4	7	8.21	24	4	2	2.27
8	2	8	4.12	25	3	5	3.71
9	8	5	7.86	26	3	6	3.85
10	1	4	3.85	27	3	4	2.19
11	3	4	1.94	28	6	6	3.33
12	6	5	2.78	29	4	4	5.00
13	5	3	2.50	30	7	6	6.88
14	5	5	5.23	31	4	7	6.15
15	4	6	4.79	32	6	6	3.57
16	8	6	4.77	33	3	4	2.35
17	6	5	3.08	34	3	3	1.80
				35	8	7	7.78

Tabla 11. Resultados obtenidos por cada alumno en los tres tipos de evaluación para el tema de Interacción Electrostática

Los resultados obtenidos para las tres variables se compararon entre sí usando un procedimiento de prueba de hipótesis con el software IBM SPSS Statistics 22.0. En particular, la hipótesis nula se formuló como “No hay diferencia significativa entre las

puntuaciones medias según los tres métodos de evaluación”. En las pruebas de normalidad realizadas con el programa SPSS (ver tabla 12) es necesario observar la significación estadística de los contrastes de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, asumiendo la normalidad de la distribución si en ambos grupos el nivel “p” no es significativo ($p > 0,05$). En nuestros datos se puede asumir que la variable “evaluación cuantitativa” se distribuye normalmente mientras que las otras dos variables no lo hacen. Por esta razón, la hipótesis nula estará sujeta a test no paramétricos para pares de muestras.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eval. tradicional	,186	35	,004	,927	35	,022
Eval. cualitativa	,148	35	,049	,954	35	,156
Eval. cuantitativa	,113	35	,200*	,953	35	,140

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Tabla 12. Resultados de las pruebas de normalidad

Para determinar si existe una relación entre los resultados de las tres variables, se realiza un análisis de correlación lineal que permite medir el grado de dependencia existente entre las tres variables mediante la cuantificación del coeficiente de correlación lineal de Pearson.

9.4. Sobre la prueba piloto

La prueba utilizada en la evaluación tradicional consistió en un cuestionario de 10 preguntas de respuesta cerrada con cuatro posibles opciones con solo una correcta (Anexo 5). Además, como se ha indicado antes, el cuestionario de Interacción Electroestática fue validado previamente en una prueba piloto y aunque el número de datos es escaso (en la prueba piloto participaron 17 alumnos), sirvió para poder decidir sobre la validez y poder de discriminación de los ítems. Estos resultados llevaron a que algunas de las preguntas

del cuestionario inicial fueran reemplazadas por tener índices de discriminación demasiado bajos (Ding y Beichner, 2009).

Aunque antes de la instrucción del tema Interacción Electrostática, se había estudiado un tema de introducción a la teoría de campos escalares y vectoriales, al corregir los mapas conceptuales elaborados por los estudiantes, se observó que las ideas de los estudiantes sobre la relación entre campo eléctrico y fuerza eléctrica tienden a ser equivocadas. De hecho, los alumnos que en sus mapas expresaban esta idea (7 de 12) piensan que el campo eléctrico es la consecuencia de las fuerzas eléctrica y no que las fuerzas sobre una carga de prueba son debidas a la existencia de un campo eléctrico en esa región del espacio (ver figura 19). El resto de los mapas no expresan ninguna relación entre los conceptos fuerza y campo o su significado es ambiguo. Por otra parte, la mayoría de los alumnos (7 de 12) no reconocen el concepto de campo eléctrico como el concepto más abstracto o inclusivo del tema y que por lo tanto tendría que ir en la parte superior del mapa (ver figura 20). Como se ha señalado antes, tal vez este error es debido a que, tradicionalmente este tema se secuencia siguiendo el programa de enseñanza basado en la mayoría de los libros de texto: 1°. Propiedades de las cargas. 2°. Ley de Coulomb. 3°. El campo eléctrico... (Purcell, 1965; Tipler y Mosca, 2005). Este resultado nos llevó a tomar la decisión de cambiar, para el segundo semestre del curso, el orden de exposición de las distintas partes del tema empezando por el apartado Campo eléctrico como de hecho lo hace Feynman en su libro (Feynman, Leighton y Sands, 1998).

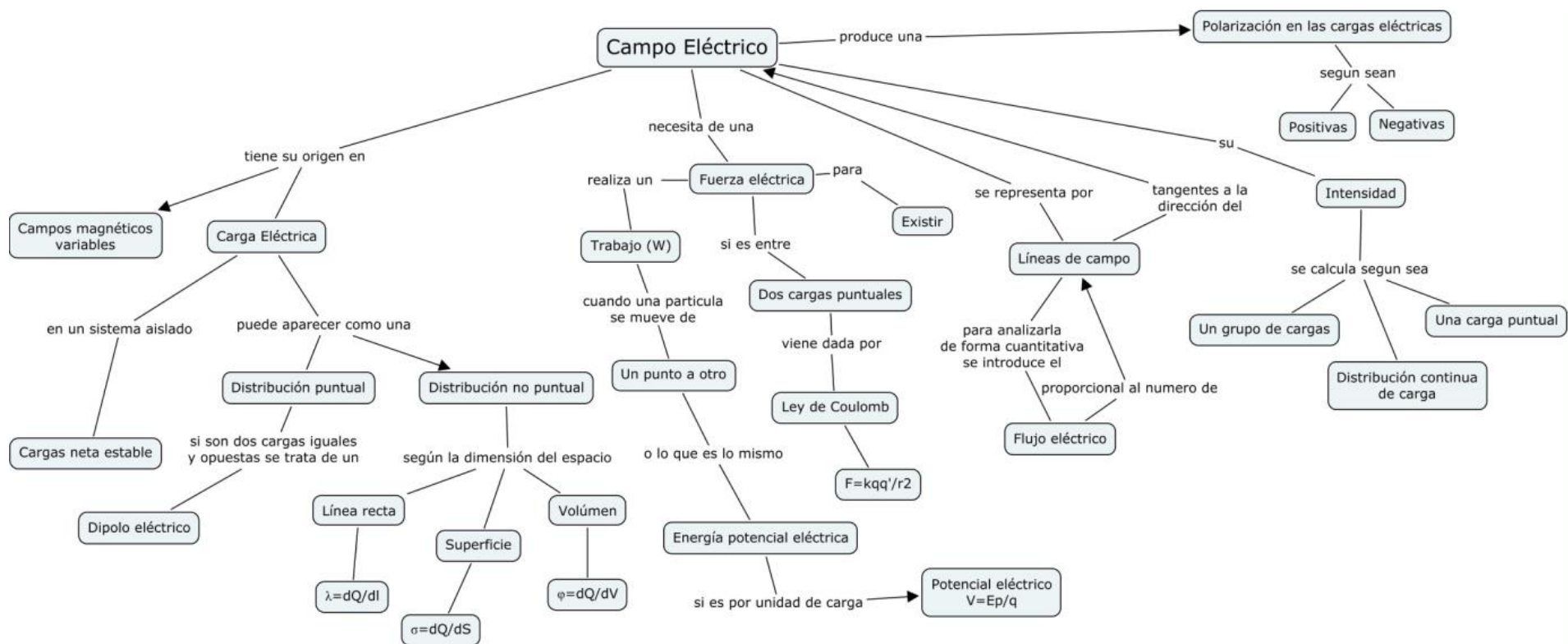


Figura 19. Mapa que expresa el concepto de campo como consecuencia de una fuerza.

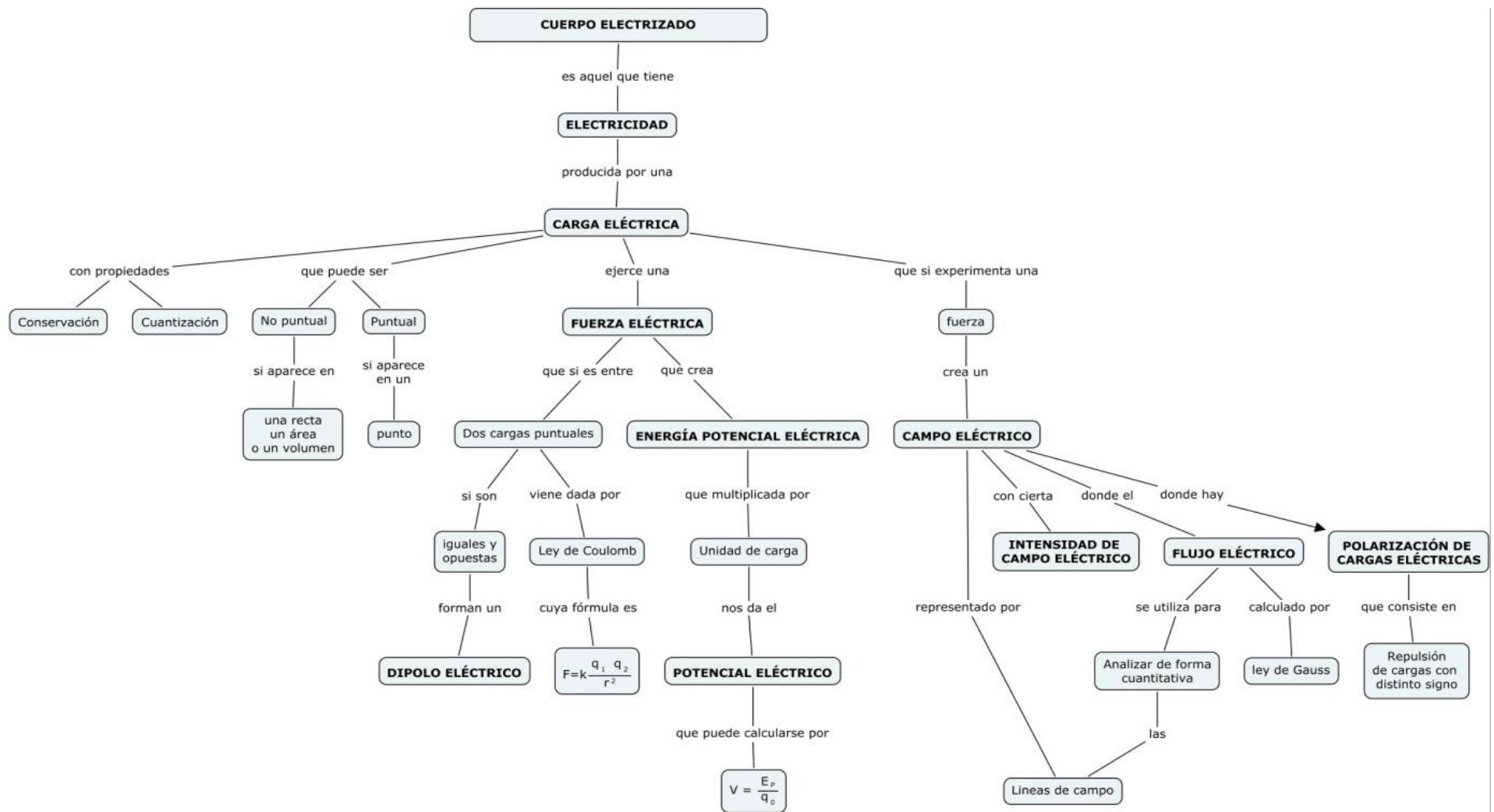


Figura 20. Mapa de un alumno que no considera el concepto de campo como el más inclusivo del tema

9.5. Sobre la experiencia realizada

El primer resultado destacable que ofrece la experiencia realizada es que, como puede apreciarse en la tabla 7, 15 de los 35 alumnos aprobaron la prueba tradicional, esto es alrededor de un 42% y supone un buen resultado para alumnos de primer curso de ingeniería en este tema, que es de bastante dificultad (Sandoval y Mora, 2009). Más aún si se tiene en cuenta que el cuestionario fue realizado sin aviso previo a los alumnos. Este resultado se comprobó durante un semestre posterior con los estudiantes que en ese momento cursaban la misma asignatura con un modelo enseñanza tradicional basado en la conferencia, y en este caso sólo el 33% pasaron el mismo test.

La tabla 13 presenta un resumen de los estadísticos descriptivos más importantes que recogen información de las tres variables. Se observa que, tanto la estimación puntual de la media de la variable Evaluación tradicional (4,4286) y de la variable Evaluación cuantitativa (4,2984) como sus intervalos de confianza (3,8091-5,0480) frente a (3,7018-4,8951) son muy “superponibles”. Es probable que ambas medias sean estadísticamente iguales. Lo mismo ocurre con las variables Evaluación cualitativa y Evaluación tradicional, no siendo el caso entre las variables Evaluación cualitativa y Evaluación cuantitativa.

En la figura 21 se muestra una representación gráfica de la distribución de las tres variables y sirve para una aproximación visual al contraste de hipótesis, que planteó como hipótesis nula “que no son diferentes las medias en estas tres variables”.

Como se indicó en la tabla 12 las variables Evaluación tradicional y Evaluación cualitativa no se distribuyen según una Ley Normal, lo que obliga en el análisis de la relación entre estas variables, a optar por pruebas no paramétricas.

		Estadístico
Evaluación tradicional	Media	4,4286
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior 3,8091
		Límite superior 5,0480
	Mediana	4,0000
	Desv. típ.	1,80336
Evaluación cualitativa	Media	4,9714
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior 4,5190
		Límite superior 5,4238
	Mediana	5,0000
	Desv. típ.	1,31699
Evaluación cuantitativa	Media	4,2984
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior 3,7018
		Límite superior 4,8951
	Mediana	3,9286
	Desv. típ.	1,73685

Tabla 13. Resumen de los estadísticos descriptivos para las tres variables

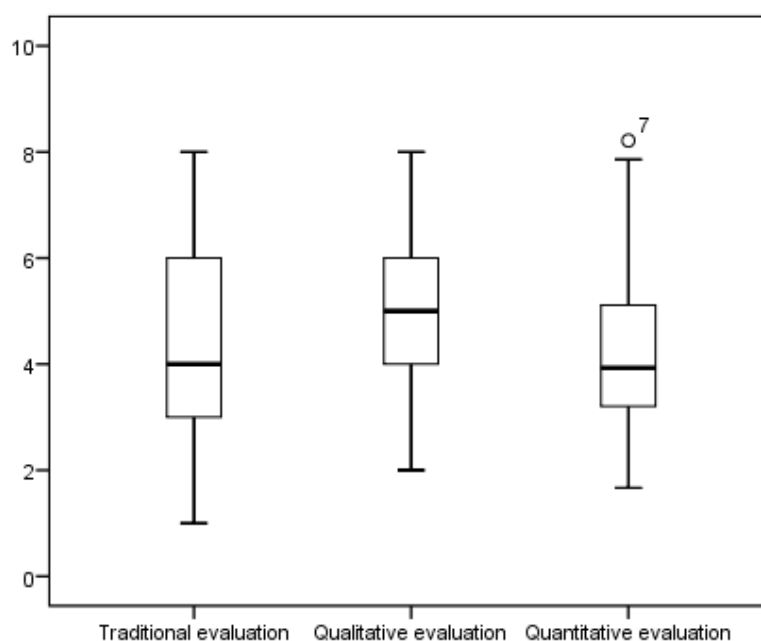


Figura 21. Diagrama de cajas de la distribución de las tres variables

La tabla 14 presenta un resumen de la prueba de rangos con signos de Wilcoxon para muestras relacionadas comparando los tres tipos de evaluación. Se observa que, a nivel de significación $\alpha = 0.05$, se puede aceptar la hipótesis nula en dos casos. La comparación entre Evaluación tradicional y Evaluación cualitativa ($p = 0.134$) no muestra diferencias significativas entre los resultados. Igualmente ocurre en la comparación entre la Evaluación tradicional y la Evaluación cuantitativa de los mapas ($p = 0.635$).

Interacción Electrostática	Evaluación tradicional	Evaluación tradicional	Evaluación cualitativa
	- Evaluación cualitativa	- Evaluación cuantitativa	- Evaluación cuantitativa
Significación de dos colas	0.134	0.635	0.006

Nivel de significación $\alpha=0.05$

Tabla 14. Comparación de datos para el tema Interacción Electrostática

La figura 22 muestra los resultados de las Evaluaciones tradicional y cuantitativa. Se observa una tendencia muy similar en cada grupo de datos para cada alumno.

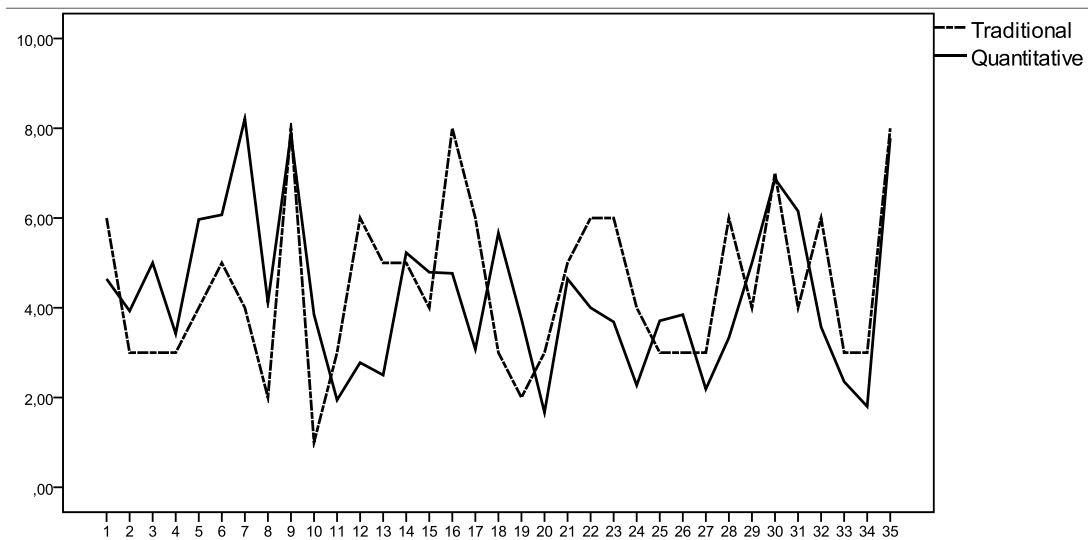


Figura 22. Comparativa para cada alumno del resultado de las evaluaciones cuantitativa y tradicional para los mapas conceptuales.

En la tabla 15 se muestra el coeficiente de correlación (r) para cada par de variables y la significación del contraste realizado (p). Las correlaciones significativas aparecen marcadas por medio de un solo asterisco cuando los coeficientes de correlación son significativos al nivel 0,05 (5%) y con dos asteriscos los coeficientes significativos al nivel 0,01 (1%).

De la tabla 15 se deduce que existe una correlación positiva y moderada entre las variables Evaluación cuantitativa y Evaluación cualitativa ($r = 0,584$) y Evaluación tradicional y Evaluación cuantitativa ($r = 0,409$).

		Evaluación tradicional	Evaluación cualitativa	Evaluación cuantitativa
Evaluación tradicional	Correlación de Pearson	1	,265	,409*
	Sig. (bilateral)		,123	,015
	N	35	35	35
Evaluación cualitativa	Correlación de Pearson	,265	1	,584**
	Sig. (bilateral)	,123		,000
	N	35	35	35
Evaluación cuantitativa	Correlación de Pearson	,409*	,584**	1
	Sig. (bilateral)	,015	,000	
	N	35	35	35

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 15. Correlaciones entre los tipos de evaluación.

9.6. Conclusiones

A lo largo de esta experiencia, alumnos del primer año de ingeniería en el Centro Universitario de Mérida han sido iniciados en la técnica de elaboración de mapas conceptuales y en el uso del programa de software CmapTools. Los resultados obtenidos indican evidencias para suponer la eficacia de esta herramienta para optimizar el proceso de enseñanza y aprendizaje, con una media superior al 42% de estudiantes que aprobaron la prueba tradicional, habiendo usado como herramienta de trabajo en su proceso de aprendizaje la elaboración de mapas conceptuales en el tema de física tratado. Igualmente se presenta como una herramienta muy útil para la detección de ideas erróneas que difícilmente se hubiesen puesto de manifiesto por otros métodos de evaluación más tradicionales, lo que valida a la elaboración de mapas conceptuales como herramienta de

evaluación procesual, que ha permitido además de conocer por dónde va el aprendizaje de los alumnos, detectar dificultades en este proceso en el tema analizado.

Por otra parte, en la revisión de los mapas conceptuales realizados por los alumnos en la experiencia piloto, se han observado ideas erróneas que creemos en parte que son inducidas por la secuenciación seguida en el desarrollo del tema, ello nos animó a tomar la decisión de cambiar la secuenciación de los contenidos de tema, basándola en el concepto de campo eléctrico, con buenos resultados, como se constató en la propia experiencia. De hecho, a partir de esta investigación todos los temas de Campos de fuerzas se comienzan con el concepto de campo.

Aunque hay una innegable dificultad en cuantificar significativamente los mapas conceptuales (esencialmente porque son propuestas abiertas y personales y, por lo tanto, no existe un modelo aplicable como estándar de comparación), se ha propuesto una expresión matemática que nos permite evaluar a los alumnos de forma cuantitativa a partir de los mapas conceptuales elaborados por ellos mismos. No obstante, los presentes resultados sugieren que nuestro modelo de evaluación puede ser una forma efectiva para la medida de la comprensión conceptual de los estudiantes en un tema concreto. Se ha encontrado que no hay diferencias significativas entre la evaluación cuantitativa de los mapas conceptuales obtenida con la fórmula presentada en el presente capítulo y las puntuaciones obtenidas en una prueba tradicional de evaluación. Este resultado se encuentra alineado con los resultados de otros autores que han encontrado relaciones positivas entre el proceso de elaboración de mapas conceptuales y la mejora de las calificaciones en las pruebas realizadas de modo tradicional (Ciliberti y Galagovsky, 2005; Åhlberg y Ahoranta, 2008), relación que, según nuestro criterio, reafirma en el nexo entre mapas conceptuales y aprendizaje significativo.

Aunque se encontraron diferencias significativas entre las medias de las variables de evaluación cuantitativa y cualitativa, creemos conveniente complementar la evaluación cuantitativa con la evaluación cualitativa para los mapas conceptuales porque es evidente que contienen información valiosa sobre el nivel de conocimientos de los alumnos.

III. Conclusiones

En el presente estudio se muestran los resultados obtenidos en una serie de experiencias realizadas con alumnos de bachillerato y primer curso universitario encaminadas a probar diferentes herramientas que permitan la mejora en el aprendizaje significativo de estos en el proceso de enseñanza de la física.

Este trabajo expone diferentes técnicas encaminadas a fomentar el aprendizaje significativo en la enseñanza de la física. La técnica colaborativa de jigsaw ha sido puesta a prueba en el aula aplicada a la elaboración de mapas conceptuales, en la resolución de problemas y también en el desarrollo de las prácticas en el laboratorio. Con el objetivo de ayudar a los alumnos en la resolución de problemas se ha presentado una herramienta heurística basada en la V de Gowin. Por otra parte, se ha fomentado el uso de los mapas conceptuales como herramienta de aprendizaje y evaluación. Con este objetivo, se ha propuesto y validado un método objetivo de evaluación del aprendizaje mediante la valoración cuantitativa de los mapas conceptuales realizados por los alumnos.

Respecto a la técnica jigsaw, las aportaciones del trabajo realizado son las siguientes:

1. El método de trabajo con la técnica jigsaw favorece una actitud más positiva en los alumnos hacia la asignatura y una mayor satisfacción ante el aprendizaje, trabajando de forma autónoma mejorando su rendimiento.
2. Con las cautelas propias de un estudio como el realizado, nuestras expectativas con relación a la mejora en el aprendizaje significativo de los alumnos con la técnica jigsaw frente a otras más tradicionales se confirman.
3. El método experimental utilizado consigue que los alumnos se impliquen en la realización de las tareas encomendadas, evitando que algunos miembros del grupo se beneficien del trabajo de los otros miembros, sin ellos aportar nada. Aunque la técnica no asegura que todos los grupos funcionen correctamente, cuando es así, el esfuerzo que debe realizar cada alumno para conseguir un mejor aprendizaje significativo en un grupo jigsaw es menor al que debería realizar individualmente. Los resultados obtenidos por los alumnos mejoran individual y colectivamente.
4. El método permite la autocorrección de los errores detectados, pudiéndose rectificar en los grupos jigsaw las deficiencias detectadas en el trabajo de los grupos de expertos.

5. Es importante gestionar convenientemente el tiempo cuando se trabaja con la técnica jigsaw. Establecer un tiempo limitado y un objetivo claro obliga a los alumnos a centrarse en la tarea encomendada, siendo más eficaces, generalmente gracias a la priorización de los conceptos más relevantes en detrimento de aquellos más procedimentales.
6. Los alumnos se sienten más seguros cuando el profesor les explica el tema, aunque esta actitud pasiva ante el aprendizaje conduzca a una merma en la capacidad de aprender significativamente por sí mismos.
7. La técnica es de aplicación a cualquier curso, no siendo necesaria una compleja elaboración previa, más allá de la adecuada selección de los contenidos que se trabajarán en el aula; de una distribución de los grupos ajustada que evite que alguno de ellos no sea capaz de realizar su parte de la tarea; y de una adecuada explicación de la técnica a los alumnos acompañada de una motivación que les lleve a responsabilizarse de la ejecución de la parte del trabajo que a cada cual le corresponde.

Respecto al uso de mapas conceptuales podemos concluir que:

8. Los resultados obtenidos indican evidencias para suponer la eficacia de los mapas conceptuales para optimizar el proceso de enseñanza y aprendizaje.
9. La calidad de los mapas conceptuales elaborados en grupos mejora respecto a los realizados individualmente.
10. La realización de mapas conceptuales por los alumnos se presenta como una herramienta muy útil para la detección de ideas erróneas que difícilmente se hubiesen puesto de manifiesto por otros métodos de evaluación más tradicionales, lo que valida a la elaboración de mapas conceptuales como herramienta de evaluación procesual.
11. Aunque hay una innegable dificultad en cuantificar objetivamente los mapas conceptuales, se ha propuesto una expresión matemática que nos permite evaluar a los alumnos de forma cuantitativa a partir de los mapas conceptuales elaborados por ellos mismos. Se ha encontrado que no hay diferencias significativas entre la evaluación cuantitativa de los mapas conceptuales obtenida con la fórmula presentada y las puntuaciones obtenidas en una prueba tradicional de evaluación.

Según la experiencia realizada en la que se usó la V de Gowin, podemos afirmar que:

12. Se aprecia de un modo estadísticamente no concluyente, una mejora en la comprensión de los conceptos teóricos para aquellos alumnos que siguieron el método de la PVG frente a los del grupo de control.
13. La importancia de explicitar la relación entre lo que el alumno ya sabe (dominio conceptual) y lo que podrá realizar para lograr nuevos aprendizajes a partir de ellos, (dominio metodológico) en el desarrollo de los problemas de Física, hace de la V de Gowin una herramienta muy útil en una enseñanza dirigida a promover un aprendizaje significativo, como se aprecia en la mejora en la resolución de problemas que perdura más allá del periodo estricto de instrucción en el método.
14. Los alumnos han valorado especialmente el apartado de “análisis inicial del problema” en dos aspectos contrapuestos. Por un lado, indican que era el apartado que más les costaba realizar, pero por otro decían que una vez “cumplimentado este apartado, el problema estaba enfocado en su mayor parte”. Es esta una aportación que se puede llevar a cabo en las aulas con independencia del uso de la PVG.

En términos generales, respecto al aprendizaje de la física consideramos que:

15. En consonancia con lo expuesto en la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel, con metodologías activas de aprendizaje los alumnos son capaces de aprender de modo autónomo, mejorando la competencia de aprender a aprender. Existe una mejora significativa de los resultados a favor de las técnicas que favorecen una actitud activa por parte del alumno (técnica jigsaw, elaboración de mapas conceptuales o uso de la V de Gowin).
16. Tanto la técnica colaborativa de jigsaw como la elaboración de mapas conceptuales o el uso de la plantilla basada en la V de Gowin son útiles en la enseñanza-aprendizaje de la física, ayudando a los alumnos a alcanzar un aprendizaje significativo de la materia, en comparación con métodos más expositivos. Así, los resultados apuntan a que la variable “profesor” es menos influyente que la variable independiente metodología.

Bibliografía

- Åhlberg, M. A., & Ahoranta, V. (2008). Concept Maps and Short-Answer Tests: Probing pupils' learning and cognitive structure. *Proc. of the Third Int. Conference of Concept Mapping, 1*, 260–267. Retrieved from <http://eprint.ihmc.us/352/>
- Åhlberg, M., & Vuokko, A. (2004). Six years of design experiments using concept mapping - at the beginning and at the end of each of 23 learning projects. In *First Int. Conference on Concept Mapping*. Pamplona.
- Álvarez, C., & Ortiz, R. (2011). Contextos situados de entrenamiento virtual: Favorecen desempeño de estudiantes de ingeniería informática en las prácticas de laboratorio de Electromagnetismo. *Revista Cubana de Física*, 28(1E).
- Anderson, J. (2019). Deconstructing jigsaw activities. *Modern English Teacher*, 28(2), 35–37.
- Antunes, A. M., Neves de Menezes, J. C., & Milhomem Cruz Leite, V. R. (2013). Mapas Conceituais no Ensino de Ciências: Construindo Conhecimentos Sobre Sistema Nervoso. *Experiências em Ensino de Ciências*, 8(3), 22–38.
- Aquilino, C., & Venditti, P. (2008). Concept maps in a cooperative learning context. In *Concept Mapping: Connecting Educators. Proc. of the third Conference on Concept Mapping* (pp. 116–120). Tallinn (Estonia) Helsinki (Finlandia).
- Aronson, E., & Patnoe, S. (1997). *The jigsaw classroom: building cooperation in the classroom*. New York: Addison Wesley Longman.
- Ausubel, D. (1963). *The psychology of meaningful learning*. Oxford: Grune and Stratton.
- Ausubel, D., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Mexico D.F.: Trillas.
- Ayma Giraldo, V. (1996). *Aulas de Laboratorio Usando Material Experimental Conceptual*. Sao Paulo: Instituto de Fisica y Facultad de Educacion. Universidad Federal de Rio Grande do Sul.
- Barbeta, V. B., & Yamamoto, I. (2002). Dificuldades conceituais em Física apresentadas por alunos ingressantes em um curso de engenharia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24(3), 324.

- Barbosa, L. H. (2008). Los Experimentos Discrepantes en el aprendizaje activo de la Física. *Latin American Journal of Physics Education*, 2(3), 246–252.
- Becerra Labra, C., Gras Martí, A., & Martínez Torregrosa, J. (2010). Efectos sobre la capacidad de resolución de problemas de “lápiz y papel” de una enseñanza-aprendizaje de la física con una estructura problematizada. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 32(2), 2401.
- Benegas, J. (2007). Tutoriales para Física Introductoria: Una experiencia exitosa de Aprendizaje Activo de la Física. *Latin American Journal of Physics Education*, 1(1).
- Benegas, J., Perez de Landazábal, M., & Otero, J. (2010). Estudio de casos: conocimientos físicos de los estudiantes cuando terminan la escuela secundaria: una advertencia y algunas alternativas. *Revista Mexicana de Física*, 56(1), 12–21.
- Bernaza, G., & Lee, F. (2005). El aprendizaje colaborativo: una vía para la educación de postgrado. *Revista Iberoamericana*, 35(3), 1–18. Retrieved from <http://www.rieoei.org/deloslectores/1123Bernaza.pdf>
- Besterfield-Sacre, M., Gerchak, J., Lyons, M. R., Shuman, L. J., & Wolfe, H. (2004). Scoring concept maps: An integrated rubric for assessing engineering education. *Journal of Engineering Education*, 93(2), 105–115. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00795.x>
- Bixler, G. M., Brown, A., Way, D., Ledford, C., & Mahan, J. D. (2015). Collaborative concept mapping and critical thinking in fourth-year medical students. *Clinical Pediatrics*, 54(9), 833–839. <https://doi.org/10.1177/0009922815590223>
- Borges, A. T., Borges, O., & Vaz, A. (2005). Os planos dos estudantes para resolver problemas práticos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 27(3), 435–446. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172005000300022>
- Brandstädter, K., Harms, U., & Grosschedl, J. (2012). Assessing System Thinking Through Different Concept-Mapping Practices. *International Journal of Science Education*, 34(14).
- Brincones, I., Álvarez, F., Blanco, J. J., Blázquez, J., Hidalgo, M. Á., Quero, J. M., & Peco, J. M. (2011). Dificultades de los problemas de Física en la interrelación Enseñanza Secundaria-Universidad. In *21º Encuentro Ibérico para la Enseñanza de la Física* (pp. 78–79). Santander.

- Calderón, S., Núñez, P., & Gil, S. (2009). Estudio cinemático del movimiento de cuerpos que ruedan por un plano inclinado. *Am. J. Phys. Educ*, 3(1), 68–71.
- Camilli Trujillo, C., López Gómez, E., & Barceló Cerda, M. L. (2012). Eficacia del aprendizaje cooperativo en comparación con situaciones competitivas o individuales. *Enseñanza & Teaching*, 30(2), 81–103.
- Campos Mendonça, M. F., Regina Cordeiro, M., & Bossolani Kiill, K. (2014). Uso combinado de diagrama V modificado e mapas conceituais como instrumento avaliativo em aulas experimentais de química inorganica. In *Concept Mapping to learn and innovate. Proc. of sixth Int. Conference on concept mapping* (pp. 476–483). Santos, Brasil.
- Carrascosa Alís, J., & Gil Pérez, D. (1992). Concepciones alternativas en mecánica. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(3), 314–328. <https://doi.org/10.5195/reviberoamer.1957.1811>
- Carrascosa, J., Gil Pérez, D., Vilches, A., & Valdés, P. (2006). Papel de la Actividad Experimental en la Educación Científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2), 157–181.
- Castro, E., & Castro-Rodríguez, E. (2011). Evaluación de un nuevo tipo de metodología docente para las prácticas de laboratorio de las asignaturas de física. In *Congreso Internacional de innovación docente* (pp. 1377–1388). Cartagena.
- Cavalcanti da Silva, C., Sousa de Oliveira, A. K., Yoshikawa Egry, E., Lima Neto, E. de A., Umbelino dos Anjos, U., & Cavalcanti da Silva, A. T. M. (2013). Constructing a Gowin's V diagram to analyze academic work in Nursing. *Revista da Escola de Enfermagem Da USP*, 47(3), 709–713. <https://doi.org/10.1590/s0080-623420130000300026>
- Chrobak, R., & Prieto, A. B. (2010). Enseñar creativamente: los mapas conceptuales y la uve del conocimiento ¿pueden fomentar la creatividad? In J. D. N. J. Sánchez, A.J. Cañas (Ed.), *Concept Maps: Making Learning Meaningful* (pp. 222–229). Viña del Mar, Chile.
- Ciliberti, N., & Galagovsky, L. R. (1999). Las Redes Conceptuales como aprendizaje conceptual de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 17–29.

Clement, J., Brown, D. E., & Zietsman, A. (1989). Not all preconceptions are misconceptions: Finding “anchoring conceptions” for grounding instruction on students intuitions. *Int. J. Sci. Educ.*, 11(Special issue), 554–565.

Coll, C. (1984). Estructura grupal, interacción entre alumnos y aprendizaje escolar. *Infancia y Aprendizaje*, 7(27–28), 119–138. <https://doi.org/10.1080/02103702.1984.10822047>

Costamagna, A. M. (2001). Mapas conceptuales como expresión de procesos de interrelación para evaluar la evolución del conocimiento de alumnos universitarios. *Universidad Nacional del Litoral*, 19(2), 309–318.

Criscuolo, G. (1987). ¿Pueden interpretarse las preconcepciones a la luz de las teorías del aprendizaje? *Enseñanza de las Ciencias*, 5(3), 231–234.

Crujeiras Pérez, B., & Jiménez Aleixandre, M. P. (2015). Desafíos planteados por las actividades abiertas de indagación en el laboratorio: Articulación de conocimientos teóricos y prácticos en las prácticas científicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 63–84.

Cuesta, A. del C., & Benavente Fager, M. N. (2014). Uso de TIC en la enseñanza de la Física : videos y software de análisis. *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación*, 1–9.

Cuevas Vallejo, C. A., Villamizar Araque, F. Y., & Martínez Uribe, A. (2017). Actividades didácticas para el tono como cualidad del sonido, en cursos de física del nivel básico, mediadas por la tecnología digital. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(3), 129–150.

Darnon, C., Buchs, C., & Desbar, D. (2012). The jigsaw technique and self-efficacy of vocational training students: A practice report. *European Journal of Psychology of Education*, 27(3), 439–449. <https://doi.org/10.1007/s10212-011-0091-4>

Da Silveira, L., Moreira, M. A., & Axt, R. (1992). Habilidad en preguntas conceptuales y en resolución de problemas de física. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), 58–62.

De Freitas Filho, J. R., Pereira da Silva Rufino de Freitas, L., & Rufino de Freitas, J. C. (2013). Mapas conceituais: utilização no processo de avaliação da aprendizagem do conteúdo haletos. *Experiências em Ensino de Ciências*, 8(3).

De Miguel Díaz, M. (2005). Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias. (Universidad de Oviedo, Ed.).

- Denegri, M., Opazo, C., & Martínez, G. (2007). Aprendizaje cooperativo y desarrollo del autoconcepto en estudiantes chilenos. *Revista de Pedagogía*, 28(81), 13–41.
- Derbentseva, N., Safayeni, F., & Cañas, A. J. (2007). Concept Maps: Experiments on Dynamic Thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(3), 448–465. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tea.20153>
- Ding, L., & Beichner, R. (2009). Approaches to data analysis of multiple-choice questions. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 5(2), 1–17. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.5.020103>
- Domínguez-Marrufo, L. S., Sánchez-Valenzuela, M. M., & Aguilar-Tamayo, M. F. (2010). Rúbrica con un sistema de puntaje para evaluar mapas conceptuales de lectura de comprensión. In J. D. N. J. Sánchez, A.J. Cañas (Ed.), *Concept Maps: Making Learning Meaningful* (pp. 210–213). Viña del Mar, Chile.
- Du, Y., Ma, C., Teng, D., & Dai, G. (2010). Cooperative concept map based on cognitive model for visual analysis. In *VINCI 2010: 3rd Visual Information Communication - International Symposium* (p. 1). Beijing (China). <https://doi.org/10.1145/1865841.1865861>
- Duarte José, W., & Da Purificação De Bastos, F. (2017). Trabalho colaborativo no ensino de física mediado por tecnologias educacionais em rede para resolução de problemas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 47–68.
- Durán-García, M. E., & Durán-Aponte, E. E. (2013). La termodinámica en los estudiantes de tecnología: Una experiencia de aprendizaje cooperativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(1), 45–59.
- Edmondson, K. M. (1995). Concept mapping for the development of medical curricula. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(7), 777–793. <https://doi.org/10.1002/tea.3660320709>
- Escudero, C. (1995). Resolución de problemas en física : herramienta para reorganizar significados. *Cad.Cas.Ens:Fís*, 12(2), 95–106.
- Escudero, C., & Moreira, M. A. (1999). La V Epistemológica aplicada a algunos enfoques en resolución de problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 61–68.
- Estrada, M., Monferrer, D., & Moliner, M. A. (2016). El Aprendizaje y las habilidades socio-emocionales: Una experiencia docente en la asignatura Técnicas de ventas. *Formación Universitaria*, 9(6), 43–62. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062016000600005>

- Fiad, S. B., & Galarza, O. D. (2015). El laboratorio virtual como estrategia para el proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de mol. *Formación Universitaria*, 8(4), 3–14. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062015000400002>
- Fiz Poveda, M. R., & Iriarte Zabalo, M. J. (2008). Expert novice pair working together on concept map. In *Concept Mapping: Connecting Educators. Proc. of the third Conference on Concept Mapping* (pp. 167–170). Tallinn (Estonia) Helsinki (Finlandia).
- Fonseca, M., Maidana, N. L., Severino, E., Barros, S., Senhora, G., & Vanin, V. R. (2014). O laboratório virtual: uma atividade baseada em experimentos para o ensino de mecânica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(4), 1–10. <https://doi.org/10.1590/s1806-11172013000400014>
- Furió, C., & Guisasola, J. (2001). La enseñanza del concepto de campo eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 319–334.
- Galagovsky, L. R. (2004). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 229–240.
- Garcia, A., Abrego, J., & Robert, R. (2017). Using the Jigsaw Method for Meaningful Learning to Enhance Learning and Rentention in an Educational Leadership Graduate School Course. *Global Journal of Human-Social Science: G Linguistics & Education*, 17(5).
- Gil Llinás, J. (2003). Preconcepciones y errores conceptuales en Óptica. Propuesta y validación de un modelo de enseñanza basado en la Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein. Universidad de Extremadura. <https://doi.org/10.1174/021435502753511268>
- Gil Llinás, J., & Solano Macías. (2011). El uso de la Vee epistemológica en la resolución de problemas de Física. In *21º Encuentro Ibérico para la Enseñanza de la Física* (pp. 94–95). Santander.
- Gil Llinás, J., Suero López, M. I., & Pérez Rodríguez, Á. L. (2004). Macrosecuencia instruccional de óptica siguiendo la teoría de la elaboración de Reigeluth y Stein implementada en CmapTools. In *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping*. Pamplona, España.

Gil Llinás, J., Solano Macías, F., Tobaja Márquez, L. M., & Monfort, P. (2013). Propuesta de una herramienta didáctica basada en la V de Gowin para la resolución de problemas de física. *Bras. Ensino Fís.*, 35(2).

Gil Llinás, J., Solano Macías, F., & Tobaja Márquez, L. M. (2014). Enseñar física en la educación superior. La técnica Jigsaw en el laboratorio de física. *Journal of Science Education*, 15(2), 100–103.

Gil Llinás, J., Solano Macías, F., & Tobaja Márquez, L. M. (2018). The use of Concept Maps as an Assessment Tool in Physics Classes: Can one use Concept Maps for quantitative evaluations? *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9753-4>

Gil Llinás, J., Suero López, M. I., & Pérez Rodríguez, Á. L. (2004). Macrosecuencia instruccional de óptica siguiendo la teoría de la elaboración de Reigeluth y Stein implementada en CmapTools. In *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping*. Pamplona, España.

Gil Llinás, J., & Tobaja Márquez, L. M. (2018). Utilización de mapas conceptuales y la uve de Gowin en una clase de física para ingenieros. In *Concept Mapping: Renewing Learning and Thinking Proc. of the Eighth Int. Conference on Concept Mapping*. (pp. 386–387). Medellín, Colombia.

Gil Montoya, C., Baños Navarrol, R., Alías Sáez, A., & Gil Montoya, M. D. (2007). Aprendizaje cooperativo y desarrollo de competencias. In *JAC'07 Séptima Jornada sobre Aprendizaje cooperativo*.

Gil Pérez, D., Dumas Carré, A., Caillot, M., Martínez Torregrosa, J., & Ramírez Castro, L. (1988). La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación. *Investigación en la Escuela*, 6, 3–20. <https://doi.org/10.12795/IE.1988.i06.01>

Giorgi, S. M., Pozzo, R. L., & Concari, S. B. (2005). Cuerpos en Movimiento : Un estudio de investigaciones publicadas y de las representaciones. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, XVI(31), 199–218.

González, N., Estrada, V., & Febles, J. P. (2018). Indicaciones metodológicas para usar mapas conceptuales en el proceso de enseñanza aprendizaje. In *Concept Mapping: Renewing Learning and Thinking Proc. of the Eighth Int. Conference on Concept Mapping*. (pp. 143–147). Medellín, Colombia.

González García, F. M. (2008). El mapa conceptual y el diagrama V. Recursos para la Enseñanza del siglo XXI. Madrid: Narcea.

Gonzalez, H. L., Palencia, A. P., Umana, L. A., Galindo, L., & Villafrade M, L. A. (2008). Mediated learning experience and concept maps: a pedagogical tool for achieving meaningful learning in medical physiology students. *AJP: Advances in Physiology Education*, 32(4), 312–316. <https://doi.org/10.1152/advan.00021.2007>

Gowin, D. B. (1981). *Educating*. Ithaca, N.Y: Cornell University Press.

Guardian Soto, B. D., & Ballester Balmori, A. (2011). UVE de Gowin instrumento metacognitivo para un aprendizaje significativo basado en competencias. *Revista Electrónica de Investigación e Innovación Educativa y Socioeducativa*, 3(1), 51–62. Retrieved from http://www.in.uib.cat/pags/volumenes/vol3_num1/guardianballester/index.html

Guardián Soto, B. D., & González García, F. M. (2008). A proposal for the use of heuristic techniques and concept maps in IC-IPN. In *Concept Mapping: Connecting Educators. Proc. of the third Conference on Concept Mapping* (pp. 13–16). Tallinn (Estonia) Helsinki (Finlandia).

Guardián Soto, B. D., Osornio Soto, R., & Ignacio Espinoza, V. M. (2010). La vee y los mmcc en la resolución de problemas computacionales en ingeniería en computación del ipn, en México. In J. D. N. J. Sánchez, A.J. Cañas (Ed.), *Concept Maps: Making Learning Meaningful* (pp. 273–280). Viña del Mar, Chile.

Guisasola, J., Gras-mart, A., Martínez-Torregrosa, J., Almudí, J. M., & Becerra Labra, C. (2004). Puede ayudar la investigación en enseñanza de la Física a mejorar su docencia en la universidad? *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 26(3), 197–202. <https://doi.org/10.1590/S0102-47442004000300002>

Guruceaga, A., & González García, F. M. (2011). Un módulo instruccional para un aprendizaje significativo de la energía. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(2), 175–190. <https://doi.org/10.1080/10420150.2014.905943>

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>

- Ibarra Rodríguez, J. A., Villanueva Vargas, I. N., & Flores Ramírez, J. (2014). Actividades previas a la construcción de mapas conceptuales y comprensión de la lógica conceptual. In *Concept Mapping to learn and innovate. Proc. of sixth Int. Conference on concept mapping* (pp. 1–6). Santos, Brasil.
- Iraizoz Sanzol, N., & González García, F. M. (2008). The concept map as an aid to collaborative learning in primary education. A practical experiment. In *Concept Mapping: Connecting Educators. Proc. of the third Conference on Concept Mapping* (pp. 230–234). Tallinn (Estonia) Helsinki (Finlandia).
- Jaime, E. A., & Escudero, C. (2011). El trabajo experimental como posible generador de conocimiento en enseñanza de la Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), 371–380.
- Jiménez Valverde, G. (2006). Obtención de notas individuales a partir de una nota de grupo mediante una evaluación cooperativa. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1–15.
- Jiménez Valverde, G., Llobera Jiménez, R., & Llitjós Viza, A. (2005). Los niveles de abertura en las prácticas cooperativas de química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(3). Retrieved from http://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N3.pdf
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). Making cooperative learning work. *Theory into Practice*, 38(2), 67–73. <https://doi.org/10.1080/00405849909543834>
- Kearney, M. (2004). Classroom use of multimedia-supported predict–observe–explain tasks in a social constructivist learning environment. *Research in Science Education*, 34, 427–453.
- Krulik, S., & Rudnik, K. (1980). Problem Solving in School Mathematics. National Council of Teachers of Mathematics. Reston: Year Book.
- Krummenauer, W. L., & Cabral da Costa, S. S. (2009). Mapas Conceituais como instrumentos de avaliacao na educacao de jovens e adultos. *Experiências em Ensino de Ciências*, 4(2), 33–38.
- León del Barco, B. (2006). Elementos mediadores en la eficacia del aprendizaje cooperativo: Entrenamiento previo en habilidades sociales y dinámica de grupos. *Anales de Psicología*, 22(1), 105. Retrieved from <http://siu.um.es/ojs/index.php/analesps/article/viewArticle/26641>

- Lewis, R. (2001). Grupos de trabajo en comunidades virtuales. In *Jornadas de la red FREREF NTIC* (p. 43). UOC. <https://doi.org/10.1111/j.1752-0606.1977.tb00454.x>
- Lim, K. Y., Lee, H. W., & Grabowski, B. (2009). Does concept-mapping strategy work for everyone? The levels of generativity and learners' self-regulated learning skills. *British Journal of Educational Technology*, 40(4), 606–618. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2008.00872.x>
- Liu, J. (2013). The Assessment Agent System: Design, development, and evaluation. *Educational Technology Research and Development*, 61(2), 197–215. <https://doi.org/10.1007/s11423-013-9286-5>
- Lopez, S., Carpeno, A., & Arriaga, J. (2014). Laboratorio remoto eLab3D: Un mundo virtual inmersivo para el aprendizaje de la electrónica. *Proceedings of 2014 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2014*, (February), 100–105. <https://doi.org/10.1109/REV.2014.6784234>
- López González, W. O., & Vivas Calderón, F. (2009). Estudio de las preconcepciones sobre los cambios físicos y químicos de la materia en alumnos de noveno grado. *Educere - Investigación Arbitrada*, 491–499.
- López Ríos, S., Veit, E. A., & Solano Araujo, I. (2011). Modelación computacional apoyada en el uso del diagrama V de Gowin para el aprendizaje de conceptos de dinámica newtoniana. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), 202–226. Retrieved from http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen10/ART10_Vol10_N1.pdf%5Cn
- Lord, T. (2007). Revisiting the cone of learning: Is it a reliable way to link instruction method with knowledge recall? *Journal of College Science Teaching*, 37(2), 14–17.
- Maftai, G., & Popescu, F. F. (2012). Teaching atomic physics in secondary school with the jigsaw technique. *Romanian Reports in Physics*, 64(4), 1109–1118.
- Marques Toigo, A., Moreira, M. A., & Cabral da Costa, S. S. (2012). Revisión de la literatura sobre el uso de mapas conceptuales como estrategia didáctica y de evaluación. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(2), 305–339. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Martín-Salinas, C., & Cid-Galán, M. L. (2016). Aprendizaje cooperativo con mapas conceptuales. In *Innovating with Concept Mapping. Proc. of the Seventh Int. Conference on Concept Mapping* (pp. 365–367). Tallinn (Estonia).

- Mendioroz Lacambra, A. M., & Guardian Soto, B. D. (2017). El empleo de la V de Gowin para responder a las necesidades educativas del alumnado con Altas Capacidades en Educación Superior, en el Área de Computación. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 12(4), 457. <https://doi.org/10.4995/redu.2014.5635>
- Mendoza Becerra, M. E., Cobos Lozada, C. A., & Gómez, L. C. (2005). Aprendizaje cooperativo soportado por computador basado en el método jigsaw. *Revista UIS Ingenierías*, 4(2).
- Mendoza Pérez, A. (1999). Concepciones alternativas electromagnéticas en estudiantes universitarios de física general y sus implicaciones en la enseñanza. *Ingeniería & Desarrollo*, 6, 5–27.
- Molina-Coronell, J. E., Celin Mancera, W., & Solano Mazo, C. (2017). Analizando ondas estacionarias en tubos abiertos y cerrados con el uso de smartphone. *Revista Mexicana de Física E*, 63(January-July), 76–82.
- Montanero, M. (1995). A survey of students' understanding of colliding bodies. *Physics Education*, 30, 277.
- Montanero, M., Suero López, M. I., Pérez, Á. L., & Pardo, P. J. (2002). Implicit theories of static interactions between two bodies. *Physics Education*, 37(4), 318–323. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/37/4/305>
- Morales Sánchez, R., & Pérez-Calero, L. (2018). La técnica del jigsaw para el aprendizaje autónomo. In E. López-Meneses, D. Cobos-Sanchiz, A. H. Martín-Padilla, L. Molina-García, & A. Jaén-Martínez (Eds.), *Experiencias pedagógicas e innovación educativa: Aportaciones desde la praxis docente e investigadora* (pp. 2342–2355). Barcelona: Octaedro.
- Mordeglia, C., & Mengascini, A. S. (2014). Caracterización de prácticas experimentales en la escuela a partir del discurso de docentes de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(2), 71–89. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.755>
- Moreira, M. A. (1997). Aprendizaje significativo: un concepto subyacente. In *Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo* (pp. 19–44). Burgos (España).
- Moreira, M. A. (2006). A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação na sala de aula. Brasília: Editora da Universidade de Brasília.

- Moreira, M. A. (2010). ¿Por Que Conceptos? ¿Por qué Aprendizaje Significativo? ¿Por qué actividades colaborativas? ¿Por qué mapas conceptuales? *Revista Currículum*. Retrieved from <http://revistaq.webs.ull.es/ANTERIORES/numero23/moreira.pdf>
- Moreira, M. A., Soares, S., & Paulo, I. C. de. (2008). Mapas conceituais como instrumento de avaliação em um curso introdutório de mecânica quântica. *R. B. E. C. T.*, 1(3), 1–12.
- Moreno, L., Gonzalez, C., Castilla, I., Gonzalez, E., & Sigut, J. (2007). Applying a constructivist and collaborative methodological approach in engineering education. *Computers and Education*, 49(3), 891–915. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.12.004>
- Murello, A., & Milotti, E. (2014). Using a free software tool for the visualization of complicated electromagnetic fields. *European Journal of Physics*, 35(1). <https://doi.org/10.1088/0143-0807/35/1/015014>
- Nadal Marí, H., & Pérez Garcias, A. (2016). Aprendiendo ciencias naturales haciendo mapas conceptuales. In *Innovating with Concept Mapping. Proc. of the Seventh Int. Conference on Concept Mapping*. Tallinn, Estonia.
- Nava, M., Arrieta, X., & Flores, M. (2009). Referentes teóricos de una instrucción orientada a la construcción de conceptos científicos en física. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 24(4), 98–111.
- Novak, J. D. (1977). *A theory of education*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Novak, J. D. (1993). Human constructivism: A unification of psychological and epistemological phenomena in meaning making. *International Journal of Personal Construct Psychology*, 6(2), 167–193. <https://doi.org/10.1080/08936039308404338>
- Novak, J. D. (2002). Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science Education*, 86(4), 548–571. <https://doi.org/10.1002/sce.10032>
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2008). The theory underlying Concept Maps and how to construct and use them. *IHMC CmapTools*, 1–36. [https://doi.org/Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 2008-01](https://doi.org/Technical%20Report%20IHMC%20CmapTools%202006-01%20Rev%202008-01)
- Novak, J. D., Gowin, D. B., & Johansen, G. T. (1983). The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school science students. *Science Education*, 67(5), 625–645. <https://doi.org/10.1002/sce.3730670511>

Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1988). *Aprendiendo a Aprender*. Barcelona: Martínez Roca.

OECD (2017), PISA 2015 Results (Volume V): Collaborative Problem Solving, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264285521-en>.

Olachea, A. M. (2018). Uso de mapas conceptuales para la resolución de problemas de la aplicación económica de la derivada e integral en un curso de Matemática II. In *Concept Mapping: Renewing Learning and Thinking Proc. of the Eighth Int. Conference on Concept Mapping*. (pp. 269–278). Medellín, Colombia.

Olmedo Salar, S. (2016). La técnica jigsaw como metodología de aprendizaje cooperativo: aplicación alternativa en ciencias de la comunicación. In G. Padilla Castillo (Ed.), *Aulas virtuales: fórmulas y prácticas* (pp. 525–537). Aravaca (Madrid): McGraw-Hill/Interamericana.

Oliver-Hoyo, M. T., Alconchel, F., & Pinto Cañón, G. (2012). Metodologías activas para el aprendizaje de la física: un caso de hidrostática para su introducción en la práctica docente. *Revista Española de Física*, 26(1).

Oñorbe de Torre, A., & Sánchez Jiménez, J. M. (1996). Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de los problemas de física y química. I. Opiniones del alumno. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 165–170.

Orozco Valerio, M. J., Vizcaíno, A. de J., & Méndez Magaña, A. C. (2012). Elementos presentes en la construcción de aprendizaje significativo en alumnos y docentes del Posgrado en Ciencias de la Salud Pública, Universidad de Guadalajara. *Revista Educativa Hekademos*, 12, 15–22.

Ovejero Bernal, A. (1990). Efectos del ambiente cooperativo sobre el aprendizaje escolar. In P. Promociones y Publicaciones Universitarias (Ed.), *Psicología social y sociedad del bienestar* Vol. 4 (Calidad, pp. 195–203).

Ovejero Bernal, A. (1993). Aprendizaje cooperativo: una eficaz aportación de la psicología social a la escuela del siglo XXI. *Psicothema*, 5(1), 373–391.

Ozdemir, A. S. (2005). Analyzing Concept Maps as an Assessment (Evaluation) Tool in Teaching Mathematics. *Journal of Social Sciencies*, 1(3), 141–149.

Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. (1998). *Lecciones de física de Feynman: Electromagnetismo y materia*. México: Pearson Education.

Pérez Rodríguez, Á. L., Suero López, M. I., Montanero Morán, M., & Montanero Fernández, M. (2000). Mapas de experto tridimensionales. Aplicaciones al diseño de

secuencias instruccionales de Física, basadas en la teoría de la Elaboración. Badajoz: Junta de Extremadura.

Pérez Rodríguez, Á. L., Suero López, M. I., Pardo Fernández, P. J., & Montanero Fernández, M. (2006). Utilización de Cmaps para mejorar los conocimientos relativos a la luz, mediante su “reconstrucción colaborativa.” In A. J. Cañas & J. D. Novak (Eds.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping*. San José (Costa Rica).

Pérez Rodríguez, Á. L., Suero López, M. I., Pardo Fernández, P. J., & Montanero Fernández, M. (2006). Utilización de los mapas conceptuales para mejorar los conocimientos relativos a la corriente eléctrica mediante su reconstrucción colaborativa In A. J. Cañas & J. D. Novak (Eds.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping*. San José (Costa Rica).

Pérez, Á. L., Suero López, M. I., & Pardo, P. J. (2018). Cómo enseñamos a utilizar mapas conceptuales y CMapTools de manera que después nuestros alumnos los usan de forma habitual. In *Concept Mapping: Renewing Learning and Thinking Proc. of the Eighth Int. Conference on Concept Mapping*. (pp. 143–147). Medellín, Colombia.

Picquart, M. (2008). ¿Qué podemos hacer para lograr un aprendizaje significativo de la física ? *Latin American Journal of Physics Education*, 2(1), 29–36.

Pino Batista, M. G., & Ramírez Ramírez, I. (2009). Estrategia que favorece la comprensión de problemas y la planificación de su resolución, durante la enseñanza de la Física. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(1), 55–61.

Pliego Prenda, N. (2011). El aprendizaje cooperativo y sus ventajas en la educación intercultural. *Hekademos: Revista Educativa Digital*, 8, 63–76.

Purcell, E. (1969). Berkeley Physics Course, Volume 2: Electricity and Magnetism. Barcelona: Editorial Reverté, S.A.

Ramírez de M., M., & Sanabria, I. (2004). El mapa conceptual como elemento fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física a nivel universitario. In *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping*. Pamplona, España.

Ramos, R. C., Santos Silva, H., & Lopes, J. (2013). A aprendizagem no ensino-aprendizagem das Ciências Naturais através de um método de aprendizagem cooperativa. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 334–346.

Reigeluth, CH. M. & Stein, F.S. (1983): The Elaboration Theory of Instruction. En Ch. M. Reigeluth (ed.). *Instructional design theories and models: an overview of their current status*. Hildsdale, New Jersey: L. Erlbaum. Pp.

335-381. Rodríguez Palmero, M. L. (2008). Aprendizaje significativo en la perspectiva de la Psicología Cognitiva. Barcelona: Octaedro.

Rodríguez Palmero, M. L. (2011). La teoría del aprendizaje significativo: una revisión aplicable a la escuela actual. *Revista Electrónica de Investigación e Innovación Educativa y Socioeducativa*, 3(1), 29–50.

Rodríguez Palmero, M. L., & Moreira, M. A. (2002). Modelos mentales vs esquemas de célula. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(1). Retrieved from http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol7/n1/v7_n1_a4

Rodríguez Palmero, G., & Rodríguez Palmero, M. L. (1998). Una propuesta de incorporación de la vertiente afectiva del conocimiento y del contexto en la V heurística. *Investigações em Ensino de Ciências*, 3(3), 1–21. Retrieved from http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol3/n3/v3_n3_a3.htm

Roger Acuña, S., López-Aymes, G., & Gabino Campos, M. A. (2012). Co-regulación y función comunicativa de los intercambios en el aprendizaje colaborativo con mapas conceptuales. In *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping* (pp. 65–72). Valletta (Malta).

Roger Acuña, S., López-Aymes, G., Ortega-Velázquez, A., & Aguilar-Tamayo, M. F. (2016). Regulación social del aprendizaje colaborativo con mapas conceptuales: influencia del tipo de tarea. In *Innovating with Concept Mapping. Proc. of the Seventh Int. Conference on Concept Mapping* (pp. 174–182). Tallinn (Estonia).

Romero Ariza, M., & Quesada Armenteros, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 101–115. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.433>

Rosa, C. T. W., & Ghiggi, C. M. (2018). Resolução de problemas em Física envolvendo estratégias metacognitivas: Análise de propostas didáticas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 23(3), 31. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2018v23n3p31>

Ruiz-Primo, M. A., & Shavelson, R. J. (1996). Problems and Issues in the Use of Concept Maps in Science Assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 569–600.

Safayeni, F., Derbentseva, N., & Cañas, A. J. (2005). A theoretical note on concepts and the need for Cyclic Concept Maps. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 741–766. <https://doi.org/10.1002/tea.20074>

Sandoval, M., & Mora, C. (2009). Modelos erróneos sobre la comprensión del campo eléctrico en estudiantes universitarios. *Latin American Journal of Physics Education*, 3(3), 647–655.

San Martín Echeverría, I., Albisu García, S., & González García, F. M. (2008). Constructing knowledge models. Cooperative autonomous learning using concept maps and V diagrams. In *Concept Mapping: Connecting Educators. Proc. of the third Conference on Concept Mapping*.

Santos Rego, M. Á. (1990). Estructuras de aprendizaje y métodos cooperativos en educación. *Revista Española de Pedagogía*, 185, 53–78.

Silveira, F. P. R. de A., Soares Gomes de Sousa, C. M., & Santovito, R. F. (2008). Concept maps as a useful instrument in the teaching practices: An applied research in the biological sciences. In *Concept Mapping: Connecting Educators. Proc. of the third Conference on Concept Mapping*. Tallin, Finlandia.

Soares, M., Conceição, A. N., & Correia, P. R. M. (2108). Concept maps with errors for assessment: The use of an online platform for the distribution of the task and instant and personalized feedback. In *Concept Mapping: Renewing Learning and Thinking Proc. of the Eighth Int. Conference on Concept Mapping*. (pp. 323–327). Medellín, Colombia.

Solano Macías, F., Pérez, Á. L., & Suero López, M. I. (2004). Macrosecuencia instruccional de electricidad confeccionada siguiendo las directrices de la teoría de la elaboración de Reigeluth y Stein e implementada en el programa CmapTools. In *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping*. Pamplona, España.

Soto, B. D. G. (2004). El uso de mapas conceptuales como técnica de aprendizaje en la algoritmia. In *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping*. Pamplona, España.

Tanel, Z., & Erol, M. (2008). Effects of Cooperative Learning on Instructing Magnetism : Analysis of an Experimental Teaching Sequence. *Latin-American Journal of Physics Education*, 2(2), 124–136.

Tipler, P. A., & Mosca, G. (2005). Física para la Ciencia y Tecnología, Vol. 2: Electricidad y magnetismo/ Luz. Barcelona: Editorial Reverté, S.A.

Tirado, F., & Peralta, J. (2018). Construcción del conocimiento por colaboración, mediado por mapas conceptuales. In *Concept Mapping: Renewing Learning and Thinking Proc. of the Eighth Int. Conference on Concept Mapping*. (pp. 87–94). Medellín, Colombia.

Tobaja Márquez, L. M., Gil Llinás, J., Solano Macías, F., & Monfort, P. (2011). Validación de un cuestionario de conocimientos previos de mecánica para alumnos de Física de 1º de Bachillerato. In *21º Encuentro Ibérico de Enseñanza de la Física*. Santander.

Tobaja Márquez, L. M., Gil Llinás, J., & Solano Macías, F. (2013). Aplicación de metodologías colaborativas para conseguir un aprendizaje significativo. La técnica jigsaw en el aprendizaje de problemas de Física. In *23º Encuentro Ibérico de Enseñanza de la Física*. Valencia.

Tobaja Márquez, L. M., Gil Llinás, J., & Solano Macías, F. (2017). Collaborative learning: use of the jigsaw technique in mapping concepts of physics. Problems of Education In the 21st Century, 75(1), 92–101. Retrieved from http://www.scientiasocialis.lt/pec/node/files/pdf/vol75/92-101.Márquez_Vol.75-1_PEC.pdf

Tobaja, L. M., & Gil Llinás, J. (2018). Enfoque histórico en la enseñanza del campo electro magnético. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 40(4). <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2017-0367>

Tobin, K. (2010). Reproducir y transformar la didáctica de las ciencias en un ambiente colaborativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 301–314.

Toro Rodríguez, M. del P., & Buitrago Roper, M. E. (2018). Organizadores gráficos para afianzar competencias lectoras en estudiantes universitarios de primer semestre. In *Concept Mapping: Renewing Learning and Thinking Proc. of the Eighth Int. Conference on Concept Mapping*. (pp. 192–199). Medellín, Colombia.

Torre, D., Daley, B. J., Picho, K., & Durning, S. J. (2017). Group concept mapping: An approach to explore group knowledge organization and collaborative learning in senior medical students. *Medical Teacher*, 39(10), 1051–1056. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2017.1342030>

Torrego, J. C. (2011). Alumnos con altas capacidades y aprendizaje cooperativo. Madrid: Fundación SM.

Trumpower, D. L., & Sarwar, G. S. (2010). Formative structural assessment: Using concept maps as assessment for learning. In J. D. N. J. Sánchez, A.J. Cañas (Ed.), *Concept Maps: Making Learning Meaningful* (pp. 132–136). Viña del Mar, Chile.

Vera Mathias, F., Rivera Campos, R., Fuentes, R., & Romero Maltrana, D. (2015). Estudio del movimiento de caída libre usando vídeos de experimentos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 12(3), 581–592. Retrieved from <http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/article/view/720>

Villalvilla González, M. del C., Llamas Martínez, F. C., & López García, M. P. (1988). Aprendizaje cooperativo: Una vía para solucionar el problema de la integración. *Aula Abierta*, 52, 115–132.

Vygotski, L. S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, Eds.). Barcelona: Crítica.

Webb, N. M. (1984). Interaccion entre estudiantes y aprendizaje en grupos pequeños. *Infancia y Aprendizaje*, 7(27–28), 159–183. <https://doi.org/10.1080/02103702.1984.10822049>


Yin, Y., Vanides, J., Ruiz-Primo, M. A., Ayala, C. C., & Shavelson, R. J. (2005). Comparison of two concept-mapping techniques: Implications for scoring, interpretation, and use. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(2), 166–184. <https://doi.org/10.1002/tea.20049>

Yu, Y., Wu, P., & Su, Y. (2017). Effects of concept map based cooperative peer assessment system on students' learning outcomes on programming. In Y. et al. Hayashi (Ed.), *25th International Conference on Computers in Education* (pp. 219–224). Nueva Zelanda.

Anexo 1: V DE GOWIN CORRESPONDIENTE A ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



Anexo 2: CUESTIONARIO SOBRE EXPERIENCIA DE JIGSAW Y ELABORACIÓN DE MAPAS CONCEPTUALES

CUESTIONARIO RADIATIVIDAD		
NOMBRE:		
CURSO:	FECHA:	

Responde a las siguientes cuestiones. Cada una tiene sólo una respuesta correcta.

- I. La actividad de una muestra radiactiva NO depende de:
- a. el tipo de emisor que es la sustancia (alfa, beta o gamma)
 - b. el periodo de semidesintegración de la sustancia
 - c. el tiempo transcurrido
 - d. la constante radiactiva
- II. Dos nucleidos con el mismo número de nucleones se denominan:
- a. Isótopos
 - b. Isótonos
 - c. Isóbaros
 - d. Isómeros
- III. El plomo 214 es un emisor beta que pertenece a la serie del:
- a. Torio 232
 - b. Neptunio 237
 - c. Uranio 238
 - d. Uranio 235
- IV. La técnica de datación por carbono 14:
- a. Calcula la cantidad absoluta de carbono 14 de la muestra
 - b. Emplea la ley de desintegraciones radiactivas para calcular el tiempo transcurrido desde la muerte de la muestra
 - c. Es aplicable gracias a la estabilidad del carbono 14
 - d. Sólo es aplicable a muestras arqueológicas
- V. Tras una emisión alfa:
- a. El núcleo queda cargado negativamente
 - b. Aumenta el número másico
 - c. Aumenta el número atómico
 - d. Disminuye el número másico
- VI. En las emisiones beta menos
- a. El número atómico del núcleo pierde una unidad
 - b. Se emite un protón

- c. Un neutrón del núcleo se transforma en un protón
- d. Un protón del núcleo se transforma en un neutrón
- VII. Un elemento radiactivo tiene un periodo de semidesintegración de dos días. Entonces:
- a. Se desintegra totalmente en cuatro días
- b. Tarda cuatro días en desintegrarse la mitad de la muestra
- c. Después de cuatro días solo queda la cuarta parte de la muestra
- d. Después de cuatro días se ha desintegrado la cuarta parte de la muestra
8. En los núcleos de los átomos radiactivos:
- a. Hay el mismo número de protones que de neutrones
- b. Hay tantos protones como numero atómico
- c. Hay tantos protones como numero másico
- d. Hay tantos neutrones como numero másico
9. Señala la opción más correcta:
- a. Vivir cerca de una central nuclear hace imposible la recepción de dosis radiactivas
- b. En el interior de las casas NO hay ninguna radiactividad
- c. En un paseo por el campo se puede recibir radiación
- d. En un “paseo espacial” NO se recibe radiación
10. Se denomina defecto de masa a:
- a. La diferencia de masa entre los isótopos de un mismo elemento
- b. La diferencia de masa entre los protones y neutrones de un núcleo
- c. El producto de la energía de enlace y el cuadrado de la velocidad de la luz
- d. La diferencia entre la masa de los nucleones aislados y la de éstos en el núcleo
11. Indica cuál de las siguientes afirmaciones NO es correcta:
- a. La emisión de radiación gamma aumenta el número atómico del núcleo
- b. La emisión gamma no modifica el número másico del núcleo
- c. Es frecuente que las emisiones gamma se produzcan después de una beta o alfa
- d. la longitud de onda de las emisiones gamma es menor que el diámetro de un átomo
12. Indica cuales de las series indicadas a continuación son isótopos:
- a. $^{230}\text{Th}_{90}$, $^{226}\text{Ra}_{88}$, $^{222}\text{Rn}_{86}$
- b. $^{23}\text{Al}_{13}$, $^{27}\text{Al}_{13}$, $^{29}\text{Al}_{13}$

c. $^{31}\text{P}_{15}$, $^{31}\text{Al}_{13}$, $^{31}\text{Cl}_{17}$

d. $^{17}\text{N}_7$, $^{19}\text{F}_9$, $^{21}\text{Na}_{11}$

d. La atracción eléctrica de protones y neutrones mantiene unido al núcleo atómico

13. Los efectos de la radiación sobre el organismo humano:

a. Son siempre perjudiciales al provocar cáncer y trastornos genéticos

b. Son máximos para la radiación alfa si la fuente es externa al organismo

c. Son mínimos para la radiación beta si la fuente es interna al organismo

d. Son más intensas en las inmediaciones de la fuente radiactiva

14. El poder de penetración de las emisiones radiactivas es, de mayor a menor:

a. Alfa, gamma, beta

b. Beta, alfa, gamma

c. Gamma, beta, alfa

d. Todas son igual de penetrantes

15. Señala cuál de las siguientes afirmaciones es cierta:

a. Las dos fuerzas nucleares son las más intensas de las fuerzas fundamentales de la naturaleza

b. La fuerza nuclear fuerte es la responsable de la estabilidad del núcleo atómico

c. La fuerza nuclear débil mantiene unidos a los protones del núcleo

PROBLEMA 1

¿Qué masa de Yodo 131 (I^{131}) cuyo período de semidesintegración ($T_{1/2}$) es de 8 días quedará al cabo de 32 días, si se parte de una muestra inicial que contiene 100 g de dicho isótopo? ¿Y al cabo de 35 días?

PROBLEMA 2

Calcula el defecto de masa del núclido $^{11}\text{B}_5$ y su energía de enlace por nucleón

Datos: $m(^{11}\text{B}_5) = 11,009305 \text{ u}$, $m_p = 1,007825 \text{ u}$, $m_n = 1,008665 \text{ u}$, $c^2 = 931 \text{ MeV/u}$

PROBLEMA 3

En la desintegración del núcleo $^{222}\text{Rn}_{86}$ se emiten dos partículas alfa y una beta, obteniéndose un nuevo núcleo. Indica las características del núcleo resultante.

VALORACIÓN DE LA ACTIVIDAD

- ¿Ha habido dificultades en la realización del trabajo? ¿Cuáles?
- ¿Crees que has aprendido lo suficiente?
- ¿Te ha resultado motivadora la actividad?
- ¿Cómo han funcionado tu grupo?
- Valora la actividad realizada de 0 a 10
- ¿Hubieses preferido recibir el tema explicado por el profesor? ¿Por qué?

Anexo 3: CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

CUESTIONARIO PRÁCTICAS DE LABORATORIO FÍSICA

Alumno: _____ SOLUCIONARIO _____ N°. Expdte.: _____

☐ ¿Cuál de las tres respuestas en las preguntas siguientes es la correcta?

☐ PRÁCTICA N° 1:

1. ¿Por qué en los objetivos de la práctica decimos que calculamos el campo magnético en el interior de un solenoide largo?
 - a) Para que el campo magnético sea paralelo al eje x *
 - b) Para que la intensidad de corriente sea mayor
 - c) Para que sea más fácil contar el número de espiras
2. ¿Por qué debemos situar la componente Bx en el teslámetro para medir el campo magnético del solenoide?
 - a) Porque solo mide el campo en este eje
 - b) Porque la dirección del campo magnético en el interior del solenoide es radial
 - c) Porque la dirección del campo magnético en el interior del solenoide es axial*
3. ¿Qué relación existe entre el campo magnético medido por el teslámetro y la intensidad de corriente que circula por el solenoide?
 - a) Es una relación directamente proporcional*
 - b) Es una relación inversamente proporcional
 - c) No existe relación entre ellos, depende del voltaje que apliquemos
4. Para calcular el valor teórico del campo magnético en el interior del solenoide debemos conocer...
 - a) El valor de la intensidad de corriente, la longitud del solenoide y el número de espiras del solenoide*

- b) El valor de la intensidad de corriente y el número de espiras del solenoide
 - c) La longitud del solenoide y el número de espiras del solenoide
5. Si medimos experimentalmente el número de espiras y la longitud del solenoide, ¿qué podemos calcular al hallar la pendiente de la gráfica $B=f(I)$?
- a) La intensidad de corriente que circula por el solenoide
 - b) El coeficiente de permeabilidad*
 - c) La constante dieléctrica del medio

PRACTICA N° 2:

6. En el montaje de la práctica n° 2 para el cálculo de la resistividad de las barras de cobre y aluminio, ¿cómo está montado el amperímetro?
- a) En paralelo con la barra de metal
 - b) En serie con la barra de metal*
 - c) En serie con el voltímetro
7. Teniendo en cuenta las curvas características V-I obtenidas experimentalmente para el cobre y el aluminio, ¿podríamos decir que estos materiales son óhmicos?
- a) No, porque tienen una proporcionalidad inversa
 - b) No, ya que las gráficas obtenidas no son lineales
 - c) Si, ya que las gráficas obtenidas son lineales*
8. Para obtener experimentalmente el valor de la resistencia eléctrica que ofrece la barra de aluminio debemos...
- a) Obtener la curva característica $I=f(V)$ y calcular su pendiente
 - b) Obtener la curva característica $V=f(I)$ y calcular su pendiente*
 - c) Obtener la curva característica $R=f(L)$ y calcular su pendiente

Nota: A continuación, en todas las cuestiones consideramos el espesor de las líneas de tinta como constante e idéntico, L = longitud de las líneas y a = ancho de las líneas.

9. Cuando medimos la resistencia eléctrica de las líneas de impresora, ¿cómo podemos obtener la dependencia lineal de la resistencia frente al ancho de las líneas?
- a) Mediante la curva característica de $R=f(a)$
 - b) Mediante la curva característica de $R=f(1/a)^*$
 - c) Entre la resistencia y el ancho de banda no hay una dependencia lineal
10. En la experiencia de las líneas de impresora, ¿cómo podemos calcular la resistividad de este material?
- a) Obteniendo la pendiente de la gráfica $R=f(a)$
 - b) Obteniendo la pendiente de la gráfica $R=f(1/a)$
 - c) Obteniendo la pendiente de la gráfica $R=f(L/a)^*$

PRÁCTICA N° 3:

11. En la práctica n° 3, en el montaje de la ley de la reflexión ¿para qué crees que cambiamos el montaje de la figura 1 a la figura 2?
- a) Para comprobar que los ángulos de incidencia y los ángulos de reflexión son idénticos
 - b) Para comprobar que los rayos de luz son radiales en el disco de medida
 - c) Para comprobar que los ángulos de incidencia, de reflexión y la normal están en el mismo plano*
12. En el fenómeno de refracción ¿el ángulo de refracción depende del índice de refracción del medio en el cual la luz se refracta?
- a) Si, es una consecuencia de la ley de la refracción*
 - b) No, es una consecuencia de la ley de la refracción
 - c) No, depende únicamente del seno del ángulo de incidencia
13. En el apartado n° 7 de esta práctica nos piden que calculemos el índice de refracción de la lente que utilizamos. ¿Cómo se podría hacer este cálculo con los datos experimentales obtenidos en la práctica?

- a) Hallando la pendiente de la gráfica del ángulo de incidencia i frente al ángulo refractado r'
- b) Hallando la pendiente de la gráfica de $\sin i$ frente $\sin r'$ *
- c) Hallando el cociente de $\sin r'/\sin i$

14. Indica si es verdadero o falso la siguiente afirmación: Para cualquier ángulo de incidencia siempre existe un ángulo de refracción.

- a) Verdadero, si el rayo de luz pasa de un medio más refringente a otro menos refringente
- b) Verdadero, si el rayo de luz pasa de un medio menos refringente a otro más refringente*
- c) Falso, si el rayo de luz pasa de un medio menos refringente a otro más refringente

15. Se ha medido el ángulo límite entre la lente semicircular y el aire y ha dado un ángulo aproximado de 45° . El índice de refracción de dicho medio será:

- a) 0,71
- b) 1,41 *
- c) Se necesitan más datos para calcularlo

PRÁCTICA N° 4:

16. En el experimento de Young observamos sobre el papel milimetrado el patrón de interferencias de la doble rendija. La distancia entre dos franjas iluminadas consecutivas es:

- a) la longitud de onda de la luz láser que utilizamos
- b) la distancia entre dos zonas de interferencia destructiva
- c) la distancia entre dos zonas de interferencia constructiva*

17. En el experimento de Young de la doble rendija, la distancia entre las franjas iluminadas

- a) Solo depende de la distancia entre las rendijas y del ancho de estas

b) Depende de la distancia entre las rendijas y del ancho de estas y de la distancia entre éstas y la pantalla

c) Depende de la fuente luminosa utilizada, de la distancia entre las rendijas y de la distancia entre éstas y la pantalla*

18. La finalidad del montaje de la práctica del experimento de Young de la doble rendija,

a) Es medir la distancia entre las franjas iluminadas y oscuras

b) Es medir la distancia entre dos franjas iluminadas consecutivas

c) Es calcular la longitud de onda de la fuente luminosa*

19. Supón que te piden la longitud de onda de una luz láser de 638nm en nm, el resultado que tienes que dar es:

a) $638 \times 10^{-4} \text{ nm}$

b) $638 \times 10^{-6} \text{ nm}$

c) $638 \times 10^6 \text{ nm}^*$


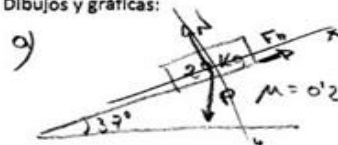
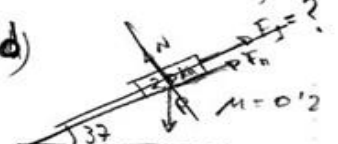
20. Al calcular con datos experimentales una magnitud X y su error hemos obtenido como resultados $X = 11,0065$ unidades y $e_x = 0,032$ unidades. El resultado correcto será:

a) $11,006 \pm 0,032$

b) $11,01 \pm 0,03$

c) $11,01 \pm 0,04^*$

Anexo 4: PVG COMPLETADA POR UN ALUMNO

Nombre: <u>Thaís del Río Romero</u>		Dpto. de CCNN
Enunciado: - Ejercicio número 2.		
<p>Análisis inicial:</p> <p>a) - El cuerpo se desliza por el plano.</p>	<p>Dibujos y gráficas:</p> <p>a) </p> <p>d) </p>	<p>Registros - datos:</p> <p>- cuerpo $\rightarrow 20 \text{ Kg}$ $F_r = \mu \cdot N$ $P \Rightarrow \begin{cases} P_x \text{ sen } 37^\circ = P_x \\ P_y \text{ cos } 37^\circ = P_y \end{cases}$ - $\mu = 0.2$ - $\text{Inclinación} = 37^\circ$ $P = m \cdot g$</p> <p>Transformaciones:</p> <p>a) - Se trata de un problema de dinámica por lo que aplicaremos la 2ª Ley de Newton. - descomponemos las fuerzas en ejes (x e y)</p> <p>Ejes $\begin{cases} x \rightarrow P_x \text{ sen } 37^\circ - F_r = m \cdot a \\ y \uparrow N - P \text{ cos } 37^\circ = 0 ; N = P \text{ cos } 37^\circ = m g \text{ cos } 37^\circ \end{cases}$</p> <p>$m g \text{ sen } 37^\circ - \mu \cdot m g \text{ cos } 37^\circ = m \cdot a$ $m g (\text{sen } 37^\circ - \mu \text{ cos } 37^\circ) = m \cdot a$ $[a = 9.8 (\text{sen } 37^\circ - 0.2 \text{ cos } 37^\circ) = 4.33 \text{ m/s}^2]$</p> <p>Resultados y afirmaciones de valor:</p> <p>a) la aceleración del cuerpo es de 4.33 m/s^2 b) El tiempo que tarda en recorrer el plano es de 2.15 s c) la velocidad en el punto medio del plano es de 6.58 m/s d) la fuerza que hay que aplicar es de 86.65 N.</p>
<p>Teorías, Principios o Leyes:</p> <p>- Trigonometría - Dinámica - Cinemática - Leyes de Newton - Sistema de referencia</p>	<p>Preguntas clave:</p> <p>a) la aceleración b) t en recorrer 50 m c) V en los 5 m d) F? para $t = 5 \text{ s}$ $a = \text{const.}$</p>	
<p>Conceptos:</p> <p>- Fuerzas (N, P, F_r, μ) - Grados - masa</p>		

b) - Ahora se trata de un problema de cinemática. Sustituimos los datos en la fórmula del movimiento para ~~hallar~~ obtener el tiempo

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$10 = 0 + 0t + \frac{1}{2} \cdot 4'33 \cdot t^2$$

$$10 = \frac{1}{2} \cdot 4'33 \cdot t^2$$

$$t = \pm \sqrt{\frac{20}{4'33}} = \pm 2'15s \rightarrow \text{cogemos el tiempo positivo}$$

$$t = +2'15s \rightarrow \text{tiempo que tarda en recorrer el plano}$$

c) Sigue siendo un problema de cinemática

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$5 = \frac{1}{2} \cdot 4'32 \cdot t^2$$

$$t = \pm \sqrt{\frac{10}{4'32}} = \pm 1'52s, \text{ cogemos la positiva}$$

$$t = +1'52s$$

$$v = v_0 + at$$

$$v = 0 + 4'33 \cdot 1'52 = 6'58 \text{ m/s}$$

d) - Problema de dinámica \rightarrow Aplicamos la 2ª Ley de Newton

- descomponemos en ejes

$$x \rightarrow P \sin 37^\circ - F_R - F_f = m \cdot a$$

$$y \rightarrow N - P \cos 37^\circ = 0; N = mg \cos 37^\circ$$

$$mg \sin 37^\circ - \mu mg \cos 37^\circ - F_f = 0$$

$$F_f = mg (\sin 37^\circ - 0'2 \cos 37^\circ)$$

$$F_f = 20 \cdot 9'8 (\sin 37^\circ - 0'2 \cos 37^\circ) = \underline{\underline{86'65N}}$$

Anexo 5: CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DEL TEMA DE INTERACCIÓN ELÉCTRICA

TEST TEMA 3: INTERACCIÓN ELÉCTRICA

Alumno: _____ Grupo: _____

Califica el grado de seguridad en tu respuesta, entre 0 y 100 mediante una X en el recuadro

☐

(0 % = totalmente inseguro; 100% = totalmente seguro)

1.- Un cuerpo “A” rechaza a un grupo de sustancias, otro cuerpo “B” rechaza a otro grupo de sustancias, pero las sustancias de ambos grupos se atraen entre sí. Señale lo correcto.

- a) A y B están cargados positivamente
- b) A y B están cargados negativamente
- c) A está cargado positivamente y B negativamente o viceversa
- d) A está neutro y B está cargado positivamente o viceversa

0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐

2.- En una región del espacio el campo electrostático varía según la función $\vec{E}(x) = 3x^2 \vec{i} \text{ N/C}$ La diferencia de potencial entre un punto A ($x_A = 2 \text{ m}$) y B ($x_B = 6 \text{ m}$) es:

- a) $V_B - V_A = 208 \text{ V}$
- b) $V_B - V_A = -208 \text{ V}$
- c) 32 V
- d) La diferencia de potencial depende del camino seguido para ir de A a B.

0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐

3.- En una región del espacio donde el campo eléctrico es nulo podemos afirmar que...

- a) El potencial también es nulo

- b) El potencial es constante
- c) El valor del potencial dependerá del punto donde lo midamos
- d) Ninguna de las anteriores

0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐

4.- Si el flujo a través de una superficie cerrada es positivo. ¿Qué podemos afirmar?

- a) El número de líneas que entran es mayor que el de las que salen
- b) Dentro hay más cargas negativas que positivas, es decir la carga neta dentro de la superficie es negativa
- c) En el interior el potencial es siempre positivo
- d) En el interior hay más cargas positivas que negativas, es decir la carga neta dentro de la superficie es positiva

e) 0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐

5.- Señala la afirmación incorrecta

- a) El potencial en las inmediaciones de una carga aislada es proporcional a la carga
- b) La intensidad del campo eléctrico en las inmediaciones de una carga aislada es inversamente proporcional a la distancia
- c) La intensidad del campo eléctrico en las inmediaciones de una carga aislada es proporcional a la carga
- d) El potencial en las inmediaciones de una carga aislada es inversamente proporcional a la distancia

0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐

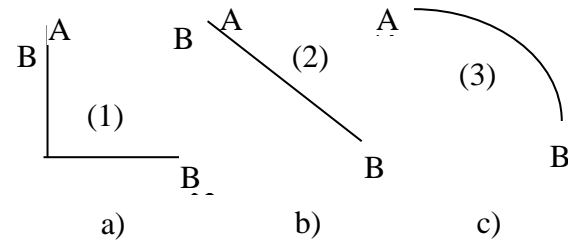
6.- El campo en el interior de una distribución esférica de carga es nulo:

- a) Siempre
- b) Si la densidad de carga es constante
- c) No puede ser nunca nulo
- d) Si la carga está situada en la superficie

0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐

7.- El trabajo que efectúa la fuerza de un campo electrostático para trasladar una carga de prueba q_0 del punto A al punto B es.

- a) Es mayor si sigue la trayectoria (2)
- b) Es igual para todas las trayectorias sólo si el campo es uniforme
- c) Es mayor si sigue la trayectoria (1)
- d) Es siempre igual cualquiera que sea la trayectoria seguida



0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐

8.- Si movemos una carga de $-1 \mu\text{C}$ entre dos puntos de una superficie equipotencial separados 1 m, ¿Cuál será la variación de la energía potencial que habrá experimentado esta carga?

- a) 9 kJ b) -9 kJ c) depende del valor de la superficie equipotencial d) Cero

0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐

9.- Si en todos los puntos de una superficie que encierra un volumen, el vector \vec{E} apunta hacia fuera. Es correcto afirmar que:

- a) La carga neta encerrada por la superficie es negativa
- b) La carga neta encerrada por la superficie es cero
- c) La carga neta encerrada por la superficie es positiva
- d) El vector superficie es perpendicular al campo en todos los puntos

0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐

10.- Si abandonamos un electrón en el interior de un campo eléctrico uniforme, el electrón:

- a) Se moverá con velocidad constante en la dirección y sentido del campo
- b) Se moverá con velocidad constante en la dirección del campo y sentido contrario

c) Se moverá con aceleración constante en la dirección del campo y sentido contrario

d) Se moverá con aceleración variable

0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐

TEST TEMA 2: INTERACCIÓN ELECTROSTÁTICA

Alumno: _____ SOLUCIONARIO _____ Grupo: _____

Califica el grado de seguridad en tu respuesta, entre 0 y 100 mediante una X en el recuadro

☐

(0 % = totalmente inseguro; 100% = totalmente seguro)

1.- Un cuerpo “A” rechaza a un grupo de sustancias, otro cuerpo “B” rechaza a otro grupo de sustancias, pero las sustancias de ambos grupos se atraen entre sí. Señale lo correcto.

- a) A y B están cargados positivamente
- b) A y B están cargados negativamente
- c) A está cargado positivamente y B negativamente o viceversa*
- d) A está neutro y B está cargado positivamente o viceversa

0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐

2.- En una región del espacio el campo electrostático varía según la función $\vec{E}(x) = 3x^2 \vec{i} \text{ N/C}$ La diferencia de potencial entre un punto A ($x_A = 2 \text{ m}$) y B ($x_B = 6 \text{ m}$) es:

- a) $V_B - V_A = 208 \text{ V}$
- b) $V_B - V_A = -208 \text{ V} *$
- c) 32 V
- d) La diferencia de potencial depende del camino seguido para ir de A a B.

0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐

3.- En una región del espacio donde el campo eléctrico es nulo podemos afirmar que...

- a) El potencial también es nulo
- b) El potencial es constante*
- c) El valor del potencial dependerá del punto donde lo midamos
- d) Ninguna de las anteriores

0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐

4.- Si el flujo a través de una superficie cerrada es positivo. ¿Qué podemos afirmar?

- a) El número de líneas que entran es mayor que el de las que salen
- b) Dentro hay más cargas negativas que positivas
- c) En el interior el potencial es siempre positivo
- d) En el interior hay más cargas positivas que negativas*

e) 0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐

5.- Señala la afirmación incorrecta

- a) El potencial en las inmediaciones de una carga aislada es proporcional a la carga
- b) La intensidad del campo eléctrico en las inmediaciones de una carga aislada es inversamente proporcional a la distancia*
- c) La intensidad del campo eléctrico en las inmediaciones de una carga aislada es proporcional a la carga
- d) El potencial en las inmediaciones de una carga aislada es inversamente proporcional a la distancia

0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐

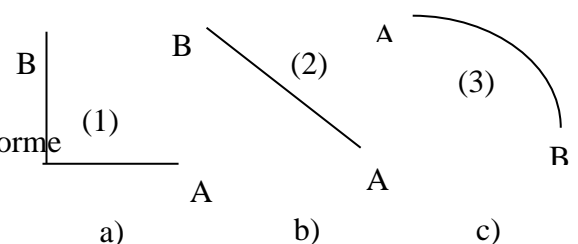
6.- El campo en el interior de una distribución esférica de carga es nulo:

- a) Siempre
- b) Si la densidad de carga es constante
- c) No puede ser nunca nulo
- d) Si la carga está situada en la superficie*

0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐

7.- El trabajo que efectúa la fuerza de un campo electrostático para trasladar una carga de prueba q_0 del punto A al punto B es:

- a) Es mayor si sigue la trayectoria (2)
- b) Es igual para todas las trayectorias si el campo es uniforme



c) Es mayor si sigue la trayectoria (1)

d) Es siempre igual cualquiera que sea la trayectoria seguida*

0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐

8.- Si movemos una carga de $-1 \mu\text{C}$ entre dos puntos de una superficie equipotencial separados 1 m, ¿Cuál será la variación de la energía potencial que habrá experimentado esta carga?

a) 9 kJ b) -9 kJ c) depende del valor de la superficie equipotencial d) Cero*

0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐

9.- Si en todos los puntos de una superficie que encierra un volumen, el vector \vec{E} apunta hacia fuera. Es correcto afirmar que:

a) La carga neta encerrada por la superficie es negativa

b) La carga neta encerrada por la superficie es cero

c) La carga neta encerrada por la superficie es positiva*

d) El vector superficie es perpendicular al campo en todos los puntos

0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐

10.- Si abandonamos un electrón en el interior de un campo eléctrico uniforme, el electrón:

a) Se moverá con velocidad constante en la dirección y sentido del campo

b) Se moverá con velocidad constante en la dirección del campo y sentido contrario

c) Se moverá con aceleración constante en la dirección del campo y sentido contrario*

d) Se moverá con aceleración variable

0% ☐ 25% ☐ 50% ☐ 100% ☐